



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

CENTRO PARA LA INVESTIGACIÓN
EN RECURSOS ACUÁTICOS
DE NICARAGUA
CIRA/UNAN-MANAGUA



Trabajo de Tesis
Para optar al grado de
Máster en Ciencias del agua

TÍTULO:

**“POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA
SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA
PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO”**

Autor:

Ing. Carlos Manuel Barberena Moncada

Tutor: **MSc. Enoc Seth Castillo Hernández**

Asesora: **MSc. Junette Auxiliadora Molina Marcia**

Managua, 27 de mayo del 2020

Financiado por: Proyecto Manejo de Agua en Nicaragua y Centroamérica; y el Centro Para la Investigación En Recursos Acuáticos de Nicaragua, CIRA/UNAN-Managua.

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

DEDICATORIA

A Dios

Porque es mi padre celestial, el que me acompaña todos los días de mi vida y siempre me levanta de los tropiezos y me cuida de cualquier mal que me rodea.

A mis padres

Por haberme forjado y ser la persona que soy actualmente. La mayoría de mis logros y metas alcanzadas se los debo a ellos. Gracias por estar siempre a mi lado, apoyándome constantemente y brindándome sabios consejos.

A mis hijos

Porque son el motor que me impulsan a seguir siempre adelante y la razón por la cual me dan ganas de seguir trabajando arduamente y poder alcanzar siempre mis metas.

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

AGRADECIMIENTOS

Al CIRA-UNAN por haberme seleccionado para formar parte del programa de maestría en ciencias del agua.

A la Autoridad Nacional del Agua por el apoyo que siempre me han brindado para poder realizar mis estudios y culminarlos de manera satisfactoria.

A la agencia canadiense ACIDI-CIDA por el financiamiento de mis estudios en la maestría en ciencias del agua.

A la cooperación alemana GIZ por haberme apoyado con el financiamiento del levantamiento de datos de campo para el desarrollo de mi tesis.

A mi tutor por estar siempre apoyándome a través de consejos y brindarme parte de su tiempo en la revisión de la tesis.

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Área de estudio.....	2
1.2. Antecedentes.....	4
1.3. Objetivos.....	6
1.3.1. Objetivo general.....	6
1.3.2. Objetivos específicos.....	6
1.4. Planteamiento del problema	7
1.5. Justificación	8
2. MARCO TEÓRICO	9
2.1. Aspectos socioeconómicos.....	9
2.1.1. Población	9
2.1.2. Economía.....	10
2.2. Climatología.....	10
2.3. Precipitación	11
2.4. Temperatura	12
2.5. Evaporación.....	13
2.6. Evapotranspiración	13
2.7. Edafología.....	14
2.7.1. Tipo de suelo	14
2.7.2. Uso actual de suelo	15
2.7.3. Uso potencial del suelo.....	15
2.8. Geología	16
2.8.1. Formaciones geológicas.....	16
2.8.2. Fallas geológicas	17
2.8.3. Geomorfología	17
2.9. Hidrología	18
2.9.1. Características de la subcuenca.....	19
2.10. Calidad de agua de la subcuenca.....	20
3. METODOLOGÍA.....	22
3.1. Recopilación y análisis de datos e información	22
3.1.1. Climatología.....	22

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

3.1.2. Geología	23
3.1.3. Hidrogeología del acuífero	24
3.2. Levantamiento de campo.....	25
3.2.1. Pruebas de infiltración	25
3.2.2. Geológico de superficie	26
3.2.3. Aforos de ríos	26
3.2.4. Inventario de fuentes hídricas.....	27
3.2.5. Pruebas de bombeo	28
3.2.6. Muestreo de agua y parámetros fisicoquímicos.....	29
3.3. Análisis de datos e información del estudio	31
3.3.1. Recarga de acuíferos	32
3.3.2. Balance hidrogeológico	32
3.3.3. Hidrogeoquímica.....	33
3.4. Digitalización de los datos	34
4. RESULTADOS	35
4.1. Aspectos climatológicos.....	35
4.1.1. Precipitación	35
4.1.2. Temperatura	38
4.1.3. Humedad Relativa	41
4.1.4. Evaporación.....	42
4.1.5. Evapotranspiración	43
4.2. Edafología.....	44
4.3. Contexto geológico	47
4.3.1. Geomorfología regional	47
4.3.2. Geomorfología local.....	47
4.3.3. Geología regional	52
4.3.4. Geología Local.....	52
4.3.5. Sistema geoestructural del área	57
4.4. Hidrología	58
4.5. Hidrogeología	61
4.5.1. Medio hidrogeológico.....	61
4.5.2. Inventario de Pozos	65

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

4.5.3. Hidrodinámica de las aguas subterráneas.....	67
4.5.4. Características hidráulicas.....	69
4.6. Aprovechamiento del recurso	71
4.7. Recarga de los acuíferos	73
4.7.1. Recarga potencial.....	73
4.7.2. Recarga por retorno.....	74
4.8. Balance hidrogeológico	76
4.9. Hidrogeoquímica.....	77
4.9.1. Genética del agua.....	78
4.9.2. Parámetros fisicoquímicos	80
4.9.3. Fisicoquímicos	82
4.9.4. Metales pesados.....	85
4.9.5. Microbiológico.....	89
4.10. Iniciativas de aprovechamiento.....	95
4.10.1. Captación de agua de manantial.....	95
4.10.2. Diques de contención en ríos o pequeñas represas	96
4.10.3. Captación de aguas fluvial	97
5. CONCLUSIONES.....	99
6. RECOMENDACIONES.....	101
7. BIBLIOGRAFÍA.....	102
8. ANEXOS.....	107

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de microlocalización del área de estudio “Subcuenca Río Mayales”.....	3
Figura 2. Mapa de macrolocalización del área de estudio “Subcuenca Río Mayales”.....	4
Figura 3. Mapa de clasificación climática de KÖPPEN en la subcuenca Río Mayales.....	11
Figura 4. Mapa de precipitación promedio en la subcuenca Río Mayales	12
Figura 5. Mapa de temperatura media de la subcuenca Río Mayales	13
Figura 6. Mapa de textura de suelos en la subcuenca Río Mayales	14
Figura 7. Mapa de uso actual del suelo en la subcuenca Río Mayales.....	15
Figura 8. Mapa de uso potencial del suelo en la subcuenca Río Mayales	16
Figura 9. Mapa de pendientes del terreno de la subcuenca Río Mayales	18
Figura 10. Mapa de red hídrica de la subcuenca Río Mayales.....	19
Figura 11. Mapa geológico y sistema de fallas en subcuenca Río Mayales.....	24
Figura 12. Infiltrómetro de doble anillo	25
Figura 13. Instalación de infiltrómetro de doble anillo	25
Figura 14. Lecho rocoso en río con presencia de fracturas.....	26
Figura 15. Afloramiento de rocas fracturadas en río	26
Figura 16. Realización de aforo en río	27
Figura 17. Aforo con molinete digital	27
Figura 18. Medición de niveles en pozo comunitario.....	28
Figura 19. Medición de niveles en pozo excavado.....	28
Figura 20. Preservación de muestras de agua.....	30
Figura 21. Muestreo de agua en compañía del CIRA-UNAN	30
Figura 22. Sonda multiparamétrica utilizada en campo.....	31
Figura 23. Medición de parámetros fisicoquímicos de campo.....	31
Figura 24. Mapa de comportamiento de la precipitación en la subcuenca Río Mayales.....	37
Figura 25. Mapa de comportamiento de la temperatura en la subcuenca Río Mayales.....	40

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

Figura 26.	Prueba con el doble anillo	45
Figura 27.	Instalación del doble anillo	45
Figura 28.	Mapa de tipos de suelos de la subcuenca Río Mayales.....	46
Figura 29.	Mapa de provincias geológicas de la subcuenca Río Mayales	49
Figura 30.	Mapa de relieve del terreno de la subcuenca Río Mayales	51
Figura 31.	Mapa de geología local de la Subcuenca Mayales	53
Figura 32.	Dacita en afloramiento	54
Figura 33.	Ignimbrita en lecho del río	54
Figura 34.	Andesita con fracturamiento.....	55
Figura 35.	Basalto fracturado.	55
Figura 36.	Aluvial en la parte media de la subcuenca	57
Figura 37.	Residual en la parte media de la subcuenca.....	57
Figura 38.	Mapa de sitios de aforo en subcuenca Río Mayales	59
Figura 39.	Mapa de hidrogeología de la subcuenca Río Mayales.....	62
Figura 40.	Corrosión en estructura metálica del pozo	65
Figura 41.	Pozo abandonado por problemas mecánicos de la bomba.....	65
Figura 42.	Mapa de inventario de pozos en subcuenca Río Mayales	66
Figura 43.	Medición de niveles de agua subterránea	67
Figura 44.	Pozo comunitario.....	67
Figura 45.	Niveles estáticos del agua en subcuenca Río Mayales.....	68
Figura 46.	Mapa de ubicación de pozos de pruebas de bombeo	71
Figura 47.	Mapa hidroquímico del agua en la subcuenca Río Mayales	79
Figura 48.	Mapa de muestreo fisicoquímico en subcuenca Río Mayales.....	84
Figura 49.	Mapa de muestreo de metales pesados en Subcuenca Río Mayales	86
Figura 50.	Muestreo Microbiológico en Subcuenca Río Mayales.....	91
Figura 51.	Esquema de caja de contención para almacenar agua de manantial .	96
Figura 52.	Representación de diques de contención en ríos.....	97
Figura 53.	Representación de obras de captación de lluvia en techos	98
Figura 54.	Toba con fragmentos de sílice incrustados y presencia de fracturas	131
Figura 55.	Breccias ignimbríticas	132

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

Figura 56. Medición de NEA en pozo perforado.....	145
Figura 57. Medición de NEA en pozo excavado.....	145
Figura 58. Desarme de pozo para realizar medición de NEA.....	146
Figura 59. Pozo sellado, imposibilita medición de NEA	146

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Distribución poblacional de la subcuenca Mayales.....	9
Tabla 2.	Parámetros fisiográficos e hidrológicos	20
Tabla 3.	Caracterización del agua cruda del Puerto Díaz	21
Tabla 4.	Estaciones meteorológicas utilizadas	23
Tabla 5.	Infiltración de agua según tipo de geología. JICA et al. 1988	32
Tabla 6.	Precipitación promedio anual (mm), periodo 1988-2017	35
Tabla 7.	Temperatura anual promedio (°C), periodo 1988-2017	38
Tabla 8.	Humedad relativa promedio (%), periodo 1988-2017	41
Tabla 9.	Evaporación promedio anual (mm), periodo 1988-2017.....	42
Tabla 10.	Evapotranspiración promedio anual (mm)	43
Tabla 11.	Pruebas de infiltración en la subcuenca	44
Tabla 12.	Infiltración básica según textura de suelo.....	44
Tabla 13.	Tipos de suelos en la subcuenca Río Mayales.....	45
Tabla 14.	Aforos en ríos principales y tributarios en subcuenca Río Mayales....	58
Tabla 15.	Caudales medios del Río Mayales	60
Tabla 16.	Valores mínimos, medios y máximos de NEA	67
Tabla 17.	Parámetros hidráulicos de la subcuenca Río Mayales	69
Tabla 18.	Consumo de agua por diferentes usos en subcuenca Río Mayales ...	72
Tabla 19.	Recarga potencial de la subcuenca Río Mayales	74
Tabla 20.	Retorno por fugas en el sistema, consumo humano.....	75
Tabla 21.	Recarga por retorno de riego.....	75
Tabla 22.	Balance hidrogeológico de la subcuenca Río Mayales.....	76
Tabla 23.	Parámetros fisicoquímicos de agua subterránea, época seca	81
Tabla 24.	Parámetros fisicoquímicos de agua subterránea, época lluviosa 2017	81
Tabla 25.	Fisicoquímica de agua subterránea.....	82
Tabla 26.	Sitios de muestreo metales pesados en subcuenca Río Mayales	85
Tabla 27.	Resultados de metales pesados en la subcuenca Río Mayales	89
Tabla 28.	Sitios de muestreo microbiología en subcuenca Río Mayales.....	90
Tabla 29.	Resultados bacteriológicos de la subcuenca Mayales.....	94

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

Tabla 30.	Datos históricos de precipitaciones de la estación Juigalpa, 1988–2017	107
Tabla 31.	Datos históricos de precipitaciones de la estación La Libertad, 1988–2017	108
Tabla 32.	Datos históricos de precipitaciones de la estación Camoapa, 1988–2017	109
Tabla 33.	Datos históricos de precipitaciones de la estación La Flor, 1988–2017	110
Tabla 34.	Datos históricos de precipitaciones de la estación Lovago, 1988–2017	111
Tabla 35.	Datos históricos de precipitaciones de la estación La Palma, 1988–2017	112
Tabla 36.	Datos históricos de precipitaciones de la estación La Guapinolapa, 1988–2017	113
Tabla 37.	Datos históricos de precipitaciones de la estación Puerto Díaz, 1988–2017	114
Tabla 38.	Datos históricos de precipitaciones de la estación Tecolostote, 1988–2017	115
Tabla 39.	Datos históricos de precipitaciones de la estación Cuapa, 1988–2017	116
Tabla 40.	Datos históricos de Temperatura mínima de la estación Juigalpa, 1988–2017	117
Tabla 41.	Datos históricos de temperatura media de la estación Juigalpa, 1988–2017	118
Tabla 42.	Datos históricos de Temperatura máxima de la estación Juigalpa, 1988–2017	119
Tabla 43.	Datos históricos de humedad relativa de la estación Juigalpa, 1988–2017	120
Tabla 44.	Datos históricos de Evaporación de la estación Juigalpa, 1998–2017	121

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

Tabla 45.	Cálculo de Evapotranspiración a través de Hargreaves Simplificado, 1998-2017	122
Tabla 46.	Prueba de infiltración El Carmen, Cuapa.....	122
Tabla 47.	Prueba de infiltración Santa Rosa, Empalme Comalapa	123
Tabla 48.	Prueba de infiltración Pozo de ENACAL, Comalapa	125
Tabla 49.	Prueba de infiltración La Esperanza, Juigalpa.....	126
Tabla 50.	Prueba de infiltración Piedra Grande 1	127
Tabla 51.	Aforo en Río La Carca	132
Tabla 52.	Aforo en Río Mayales (Puente Panmuca)	133
Tabla 53.	Aforo en Quebrada Las Cuacas	133
Tabla 54.	Aforo en Río Cuisalá (El Llanito)	134
Tabla 55.	Aforo en Río Cuisala.....	135
Tabla 56.	Aforo en Río Cuapa	135
Tabla 57.	Aforo en Río Pirre	136
Tabla 58.	Aforo en Río Apompuá	137
Tabla 59.	Datos de aforo estación hidrométrica de INETER	140
Tabla 60.	Inventario de Pozos	141
Tabla 61.	Niveles estáticos y freáticos de agua subterránea, año 2014.....	147
Tabla 62.	Parámetros fisicoquímico de campo año 2014.....	153
Tabla 63.	Parámetros fisicoquímico de campo, época seca año 2017	155
Tabla 64.	Parámetros fisicoquímico de campo, época lluviosa año 2017	157

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Precipitación promedio en la subcuenca Río Mayales, periodo 1988 – 2017	36
Gráfico 2.	Temperatura media, periodo 1988 – 2017	38
Gráfico 3.	Humedad Relativa media en la subcuenca Río Mayales, del periodo estudiado (1988 – 2017)	41
Gráfico 4.	Evaporación media de la subcuenca Río Mayales, en el periodo 1988 – 2017	42
Gráfico 5.	Evapotranspiración media de la subcuenca Río Mayales, periodo 1988 – 2017	43
Gráfico 6.	Caudales medios de salida en Río Mayales.....	60
Gráfico 7.	Relación de transmisividad con la conductividad hidráulica	70
Gráfico 8.	Relación de transmisividad con la profundidad total del pozo	70
Gráfico 9.	Aprovechamiento del recurso de la subcuenca.....	73
Gráfico 10.	Representación del balance hidrogeológico de la subcuenca Río Mayales.....	77
Gráfico 11.	Arsénico total en subcuenca Río Mayales.....	87
Gráfico 12.	Mercurio total en subcuenca Río Mayales.....	88
Gráfico 13.	Coliformes totales en subcuenca Río Mayales.....	92
Gráfico 14.	Coliformes termotolerantes en subcuenca Río Mayales	93
Gráfico 15.	<i>Escherichia coli</i> en subcuenca Río Mayales	93
Gráfico 16.	Velocidad de infiltración El Carmen.....	129
Gráfico 17.	Velocidad de infiltración Santa Rosa.....	129
Gráfico 18.	Velocidad de infiltración Pozo de ENACAL	130
Gráfico 19.	Velocidad de infiltración La Esperanza	130
Gráfico 20.	Velocidad de infiltración Piedra Grande 1	131
Gráfico 21.	Perfil de aforo Río La Carca	137
Gráfico 22.	Perfil de aforo Río Mayales (Puente Panmuca)	138
Gráfico 23.	Perfil de aforo Quebrada Las Cuacas	138
Gráfico 24.	Perfil de aforo Río Cuisala (El Llanito)	138
Gráfico 25.	Perfil de aforo Río Cuisala.....	139
Gráfico 26.	Perfil de aforo Río Cuapa	139
Gráfico 27.	Perfil de aforo Río Pirre	139
Gráfico 28.	Perfil de aforo Río Apompuá	140
Gráfico 29.	Prueba de bombeo Cuapa 2	150
Gráfico 30.	Prueba de bombeo Comalapa.....	150
Gráfico 31.	Diagrama de Pipe de 15 sitios.....	151
Gráfico 32.	Diagrama de Piper de 11 sitios	152

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

ABREVIACIONES

ANA: Autoridad Nacional del Agua

CIRA: Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua

COSUDE: Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación

ENACAL: Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados

ETP: Evapotranspiración

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

GPS: Sistema de Posicionamiento Global

HMP: Estación Meteorológica Principal

INETER: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

INIDE: Instituto Nacional de Información de Desarrollo

JICA: Agencia Japonesa de Cooperación Internacional

NEA: Nivel estático del Agua

NMP: Número más probable

NTON: Norma Técnica Obligatoria Nicaraguense

ONU: Organización de las Naciones Unidas

PV: Estación Pluviométrica

UNAN: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua

UTM: Universal Transversa de Mercator

WGS: Sistema Geodésico Mundial

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

RESUMEN

La subcuenca Río Mayales fue caracterizada con un enfoque hidrogeológico por la problemática de escasez de agua potable y baja productividad de los pozos, la misma cuenta con una extensión territorial de 1 053 km² y su ubicación hidrográfica entre las coordenadas 1364969N y 1313346N, al este entre 692886E y 653507E, hidrológicamente se ubica en la Cuenca N.º 69 “Cuenca del Río San Juan”.

Según la clasificación de Köppen la subcuenca presenta un clima caliente y subhúmedo con lluvia en verano (AW1-AW2), con respecto a las precipitaciones anuales se estimó un promedio de 1573,65 mm. Referente a la temperatura, se mantiene en un rango de 26,2 °C a 28,9 °C. La evaporación varía entre 127 mm y 257 mm.

Se lograron identificar 5 tipos de suelos en el área de la subcuenca, los cuales son: inceptisols, mollisols, entisols, alfisols, ultisols y afloramiento rocoso, siendo el más predominante el inceptisols. Con respecto a la geomorfología local se logran evidenciar dos unidades muy marcadas: depresión nicaragüense (en menor proporción) y la planicie central ubicada en la parte alta y media de la subcuenca. Referente a la geología local se localizan dos tipos de formaciones geológicas; cuaternaria y la terciaria esta es la más predominante.

Las transmisividades en la subcuenca predominan en un rango de 2,35 m²/d en la parte media hasta los 356 m²/d hacia el sur de la misma zona, valores característicos de acuíferos donde la capacidad para transmitir el agua es muy baja.

Se inventariaron en total 86 pozos, de los cuales 66 son perforados y 20 son del tipo excavado, estos ubicados principalmente en la parte alta y media de la subcuenca. Los niveles estáticos del agua varían entre los 0,45 metros y 18,72 metros.

Se calculó el aprovechamiento del recurso, estimando un total de 45,19 Mm³/año. Además, se determinó el balance hidrogeológico de la zona de estudio, concluyendo con una disponibilidad de 34,86 Mm³/año disponible al medio. El tipo hidroquímico de las aguas en la subcuenca son del tipo bicarbonatadas cálcicas y bicarbonatadas sódicas. Respecto a la calidad, se encontró presencia microbiológica en la mayoría de los pozos estudiados, sobrepasando los valores máximos establecidos por la norma CAPRE.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio se realizó con el propósito de optar al título de máster en ciencias del agua con énfasis en calidad; la cual es impartida en el Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA-UNAN). Se desarrolló en la subcuenca Río Mayales, con un enfoque hidrogeológico por la problemática de escasez de agua potable y baja productividad de los pozos.

El sitio de estudio se ubica en una zona agropecuaria muy importante en el país, cuya actividad económica primordial de los pobladores es la ganadería, como segundo rubro se encuentran a menor escala las actividades agrícolas de granos básicos: frijol, maíz y arroz.

Actualmente la problemática que se presenta es el abastecimiento de agua potable, la mayoría de los pozos son artesanales con bombas de mecates en mal estado y poco productivos en los alrededores y demás comunidades. Sin embargo, se exceptúa el casco urbano de Juigalpa, que actualmente es abastecido con agua potable proveniente del lago Cocibolca.

En el proceso de estructuración del estudio se recopiló información secundaria constituida por datos climatológicos de estaciones monitoreadas por Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), mapas geológicos, de suelos, potencial de suelos, uso actual y pruebas de bombeo. Se realizó levantamiento de datos en campo, como son las pruebas de infiltración a través del método del doble anillo, medición de niveles estáticos de agua con sondas luminosas y sonoras, georreferenciación de los pozos con dispositivos móviles para posicionamiento global, medición de parámetros fisicoquímicos con sonda de multiparámetros y colecta de muestras de calidad de agua para análisis en el laboratorio.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

Se procesó y analizó toda la información para determinar la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo en la subcuenca y la calidad que presenta, asimismo se propondrán medidas de aprovechamiento.

Se determinó el balance hidrogeológico de la zona de estudio, concluyendo con una disponibilidad de 34,86 Mm³/año, asimismo el tipo hidroquímico de las aguas en la subcuenca son del tipo bicarbonatadas cálcicas y bicarbonatadas sódicas. En cuanto a la calidad, se encontró presencia microbiológica en la mayoría de los pozos estudiados, sobrepasando los valores máximos establecidos por la Norma de Calidad del Agua para Consumo Humano (CAPRE).

1.1. Área de estudio

Desde el enfoque político-administrativo la subcuenca Río Mayales se encuentra constituida por siete municipios, estos son los siguientes: Camoapa, Comalapa, San Francisco de Cuapa, Juigalpa, La Libertad, San Pedro de Lóvago y Acoyapa. De estos siete municipios, el estudio estará enmarcado en Juigalpa, San Francisco de Cuapa y Comalapa, debido que representan la mayor extensión territorial, abarcando un área total de 987.40 km², representando el 93,77 % de la extensión total de la subcuenca.

La subcuenca cuenta con una extensión territorial de 1053 km² y la ubicación geográfica corresponde a las coordenadas 1364969 - 1313346 norte y 692886 - 653507 este, definidas en el sistema de coordenadas UTM-WGS84. Esta se puede apreciar en la Figura 1.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

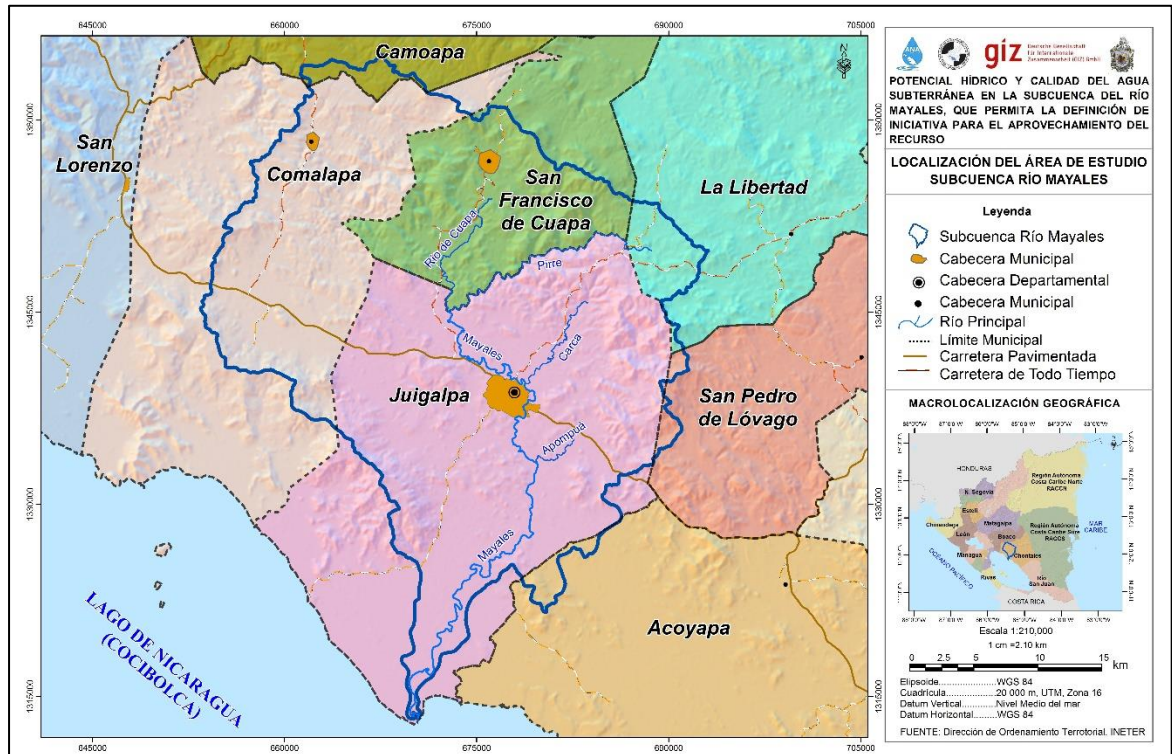


Figura 1. Mapa de microlocalización del área de estudio “Subcuenca Río Mayales”

La subcuenca Río Mayales se localiza en la Cuenca N.º 69 “Cuenca del Río San Juan”. Presenta un río principal con el mismo nombre y seis tributarios importantes conocidos como: El Pirre, Cuapa, Cuisalá, Las Delicias, Apompuá y La Carca, todos descargan hacia el lago de Nicaragua o Cocibolca.

Esta subcuenca es exorreica, debido que todas las fuentes superficiales descargan en el lago Cocibolca, asimismo este drena a través del Río San Juan hacia el mar Caribe. Esto lo podemos ilustrar en la Figura 2.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

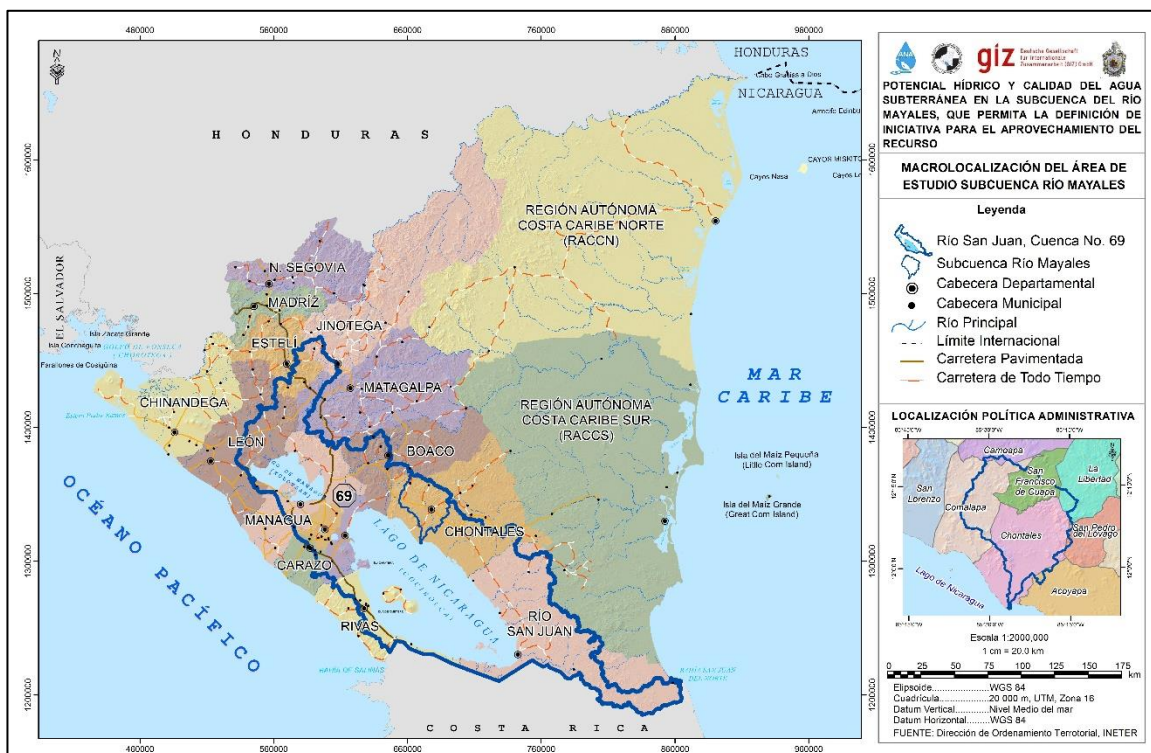


Figura 2. Mapa de macrolocalización del área de estudio “Subcuenca Río Mayales”

1.2. Antecedentes

En el año 2014 la GIZ elaboró el Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la subcuenca Río Mayales, se determinó una recarga de 9 Mm³/año concluyendo que solamente el 0,6 % de las precipitaciones aporta agua a los acuíferos.

Estudio realizado por INETER en el año 2010, indica que la subcuenca comprende acuíferos libres en zonas de descarga y en pequeños valles, además en áreas intermedias y de recarga se encuentran acuíferos fracturados que son aprovechados extensivamente con pozos perforados y excavados para el abastecimiento potable, uso doméstico, riego de cultivos y agroindustria. La calidad fisicoquímica del agua está estrechamente relacionada con el medio geológico, determinándose una composición hidroquímica del tipo bicarbonatadas-cálcicas/magnésicas en las zonas altas y bicarbonatadas-sódicas-cálcicas en las zonas bajas.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

Oban, T. (s.f.) de la Universidad Internacional de Andalucía UNÍA (Huelva, España), aporta que las rocas están distribuidas y con una estructura afectada desde leve hasta intensamente alterada y meteorizada con fracturas superficiales, esto último debido a la incidencia de sistemas de fallas geológicas locales. El sistema de fallas destaca dos tipos de direcciones Noroeste-Sureste y otras con tendencia Noreste-Suroeste.

INETER- COSUDE (2004), elaboró el Estudio Hidrogeológico e Hidrogeoquímico de la Región Central de Nicaragua Hoja Juigalpa escala 1:250 000, caracterizando las aguas subterráneas y definiendo valles intramontanos como pequeños acuíferos, incluyendo el comportamiento hidrodinámico de los flujos de agua, así como la calidad en diferentes sitios de esta región.

Parsons Corporation (1972), propuso la idea de diferentes facies de formación de los depósitos volcánicos, productos de diversos centros volcánicos. Realizaron la datación de las formaciones coyol y matagalpa, el grupo coyol inferior, al cual pertenece el área de estudio presentó una edad del Mioceno (± 13 m.a) con el método de dataciones radiométricas.

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Caracterizar el potencial y calidad de agua de los acuíferos en la subcuenca Río Mayales en los municipios de Juigalpa, San Francisco de Cuapa y Comalapa.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el potencial hídrico subterráneo en la subcuenca Río Mayales, para el uso del recurso en las comunidades aledañas;
- Analizar los resultados de la calidad del agua fisicoquímica, bacteriológica y metales pesados en la subcuenca Río Mayales;
- Proponer iniciativas de aprovechamiento de agua de acuerdo con los potenciales y calidad de agua en la subcuenca Río Mayales.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

1.4. Planteamiento del problema

La zona central en el departamento de Chontales, presenta una problemática de abastecimiento de agua potable, debido que las fuentes utilizadas no son muy productivas, generando desabastecimiento a los pobladores.

En la subcuenca Río Mayales podrían presentarse características hídricas deficitarias para cubrir la demanda de agua de la población, producto de la baja permeabilidad de los acuíferos, lo que provoca rendimientos desfavorables para el aprovechamiento del recurso. Asimismo, las propiedades hidroquímicas de las aguas indican que las mismas son de mediana calidad con presencia de organismos patógenos, debido a los análisis realizados en estudios anteriores, esto infiere que el recurso debe de ser aprovechado de manera racional y que necesita de una etapa de desinfección para que sea apto al consumo humano.

En la actualidad las comunidades rurales localizadas dentro de la subcuenca presentan dificultad con el abastecimiento de agua potable, debido a que el vital líquido es escaso, únicamente poseen pozos artesanales pocos productivos, lo que genera el desabastecimiento y el uso sin ninguna medida sanitaria.

En la parte alta y media de la subcuenca practican la ganadería extensiva, provocando el despale de árboles, rompiendo el equilibrio ecológico y descontrolando el régimen de lluvia que afecta el potencial hídrico con la disminución del caudal en las fuentes de aguas, asimismo generando erosión en los suelos por arrastre a través de la escorrentía superficial, afectando la infiltración con disminución en la recarga al medio.

Es importante destacar que en el área se requiere una valoración hídrica local, destacando resultados que permiten la toma de decisión a los pobladores y organizaciones gubernamentales y no gubernamentales.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

1.5. Justificación

El estudio se realizó con el propósito de indagar las principales características de los acuíferos, así como determinar el potencial hídrico subterráneo, para valorar los posibles usos en el territorio.

Por otra parte, es imperativo interpretar la calidad del agua desde el punto de vista genético, bacteriológico y metales pesados, con el fin de descartar contaminación y por ende afectaciones a la salud o el medio ambiente.

Estos dos grandes ejes de investigación hidrogeológica identifican las principales alternativas para el abastecimiento adecuado de agua a población de la subcuenca Río Mayales.

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Aspectos socioeconómicos

La principal actividad económica dentro de la subcuenca es la ganadería, adoptando la tradición de criar semovientes de forma silvestre y sin tecnología. La crianza se realiza con doble propósito, el primero es la producción de leche para su venta y/o producción de derivados lácteos y la segunda es la matanza para comercialización de la carne de res.

El segundo rubro es la agricultura, en la parte baja de la subcuenca se localizan pequeños productores de arroz, los cuales comercializan el grano en las afueras de estos municipios, mientras que la parte alta se cultiva granos básicos para cubrir dos necesidades; el autoconsumo familiar y la alimentación de animales de patio.

2.1.1. Población

De acuerdo con datos poblacionales de las Alcaldías de Juigalpa, San Francisco de Cuapa y Comalapa, para el año 2013 la subcuenca Río Mayales presentó una población de 80 099 habitantes, esto se observa en la Tabla 1. La mayoría de los habitantes se localizan en el municipio de Juigalpa. Según el INIDE, la tasa de crecimiento promedio para estos municipios es de 0,9 % anuales.

Tabla 1. Distribución poblacional de la subcuenca Mayales

Municipios	Área (km²)	Población
Juigalpa total	726,75	72 655
Juigalpa subcuenca	543,8	70 170
San Francisco de Cuapa total	277	5 951
San Francisco de Cuapa Subcuenca	178,3	4 168
Comalapa total	643,86	14 388
Comalapa subcuenca	266,09	5 761

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

Municipios	Área (km²)	Población
Total municipios	1 647,6	92 994
Total subcuenca	988,2	80 99

2.1.2. Economía

La principal actividad económica de la subcuenca es la ganadería, la cual se desarrolla en grandes extensiones de tierra de forma rudimentaria. La zona costera del lago se caracteriza por ser una zona fértil debido a las inundaciones durante la estación lluviosa, arrastrando grandes cantidades de sedimentos siendo depositados en la parte baja. En la época seca, el nivel del lago baja lo suficiente hasta dejar suelos húmedos para el desarrollo de pastizales que brotan de forma natural, convirtiéndose en alimento para el ganado.

Como segundo rubro económico es la agricultura para siembra de granos básicos como el maíz, frijol y sorgo, la producción es atendida por medianos y pequeños productores. En el municipio de Comalapa los granos se comercializan en pueblos vecinos, estimando un 40 % para el consumo local. Igualmente, en San Francisco de Cuapa estos productos son destinados para el autoconsumo y crianza de los animales de patio. Las labores agrícolas se efectúan de manera tradicional, incluyendo la tala de árboles y quema.

2.2. Climatología

La subcuenca Mayales se localiza en la Zona Tropical Seca, esta comprende precipitaciones entre los 1500 mm a los 2000 mm de lluvia anuales. Se caracteriza por presentar una estación seca de noviembre a abril y otra lluviosa de mayo a octubre, según fuente de INETER, 2010.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, la subcuenca Mayales presenta un clima caliente y sub-húmedo con lluvia en verano (AW1 y AW2), este clima predomina en toda la Región del Pacífico y la mayor parte de la Región Norte, ilustrado en la Figura 3.

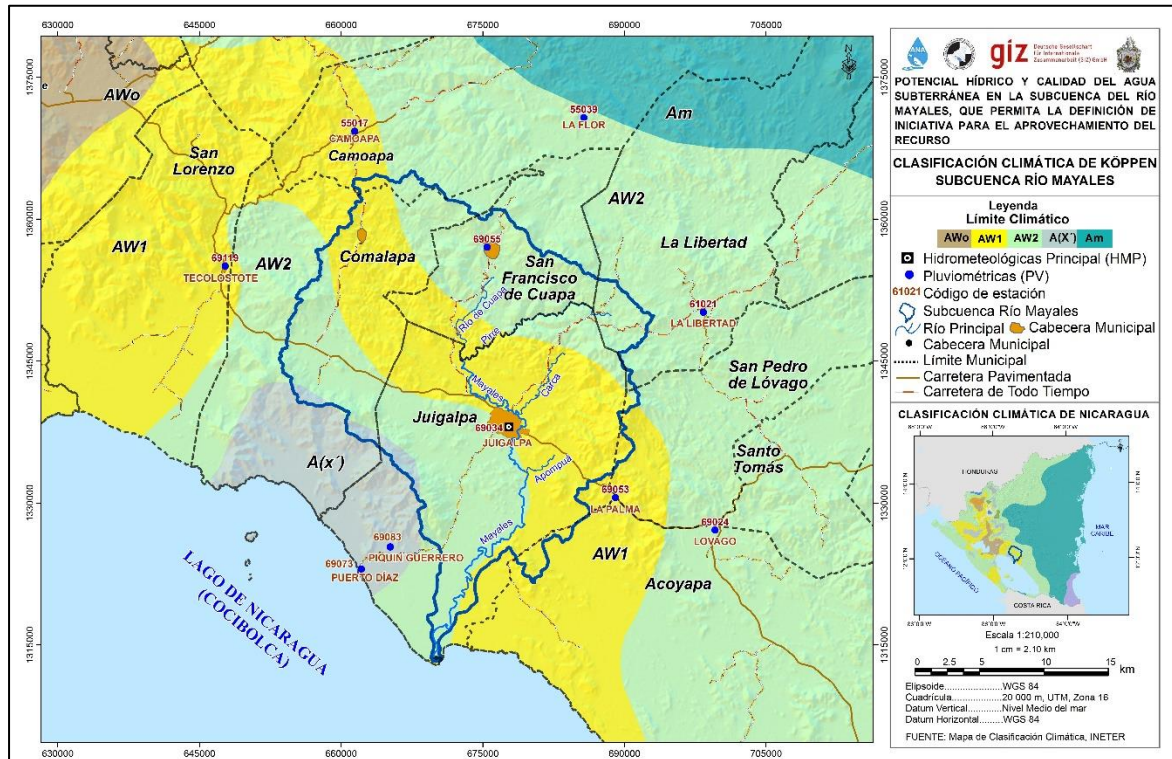


Figura 3. Mapa de clasificación climática de KÖPPEN en la subcuenca Río Mayales

2.3. Precipitación

De acuerdo con el mapa de precipitaciones promedios, en la subcuenca predominan dos tipos de precipitaciones, la primera entre los 1400 mm a los 1800 mm hacia el S y NO en cambio hacia el NO y Centro predominan precipitaciones en el rango de los 1000 mm a 1400 mm, esto se puede apreciar en la Figura 4.

Para el periodo analizado, la precipitación promedio anual es de 1389,1 mm, los valores máximos se registran en junio, cuando se establece el período lluvioso local.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

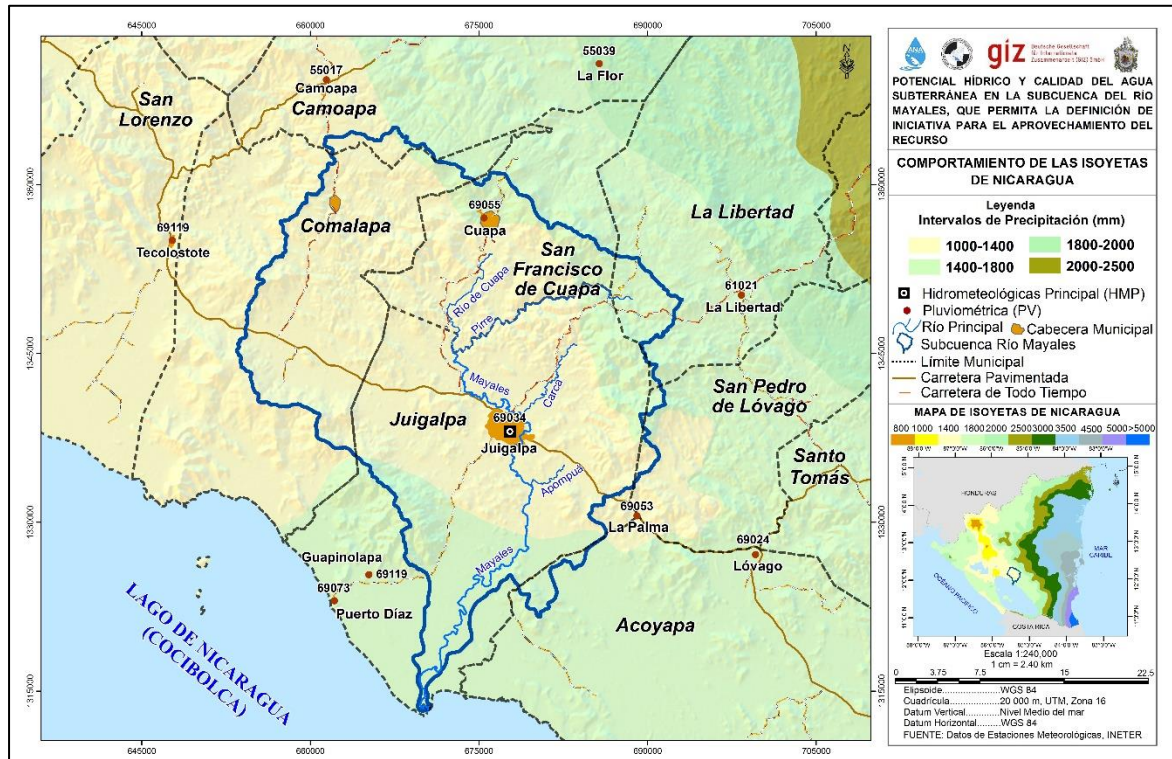


Figura 4. Mapa de precipitación promedio en la subcuenca Río Mayales

2.4. Temperatura

En la subcuenca Río Mayales predominan cuatro rangos de temperatura. Mayoritariamente todo el casco urbano de Juigalpa y parte baja con rangos entre 26 °C y 28 °C, las partes más altas oscila entre los 24 °C a 26 °C, disminuyendo en toda la zona de recarga entre 22 °C a 24 °C y menor extensión hacia el Norte de 20 °C a 22 °C, este comportamiento se puede ilustrar con la Figura 5.

La temperatura media más elevada ocurre entre los meses de abril y mayo, con valores entre 28,5 °C y 28,1 °C, coincidiendo con el final del período seco.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

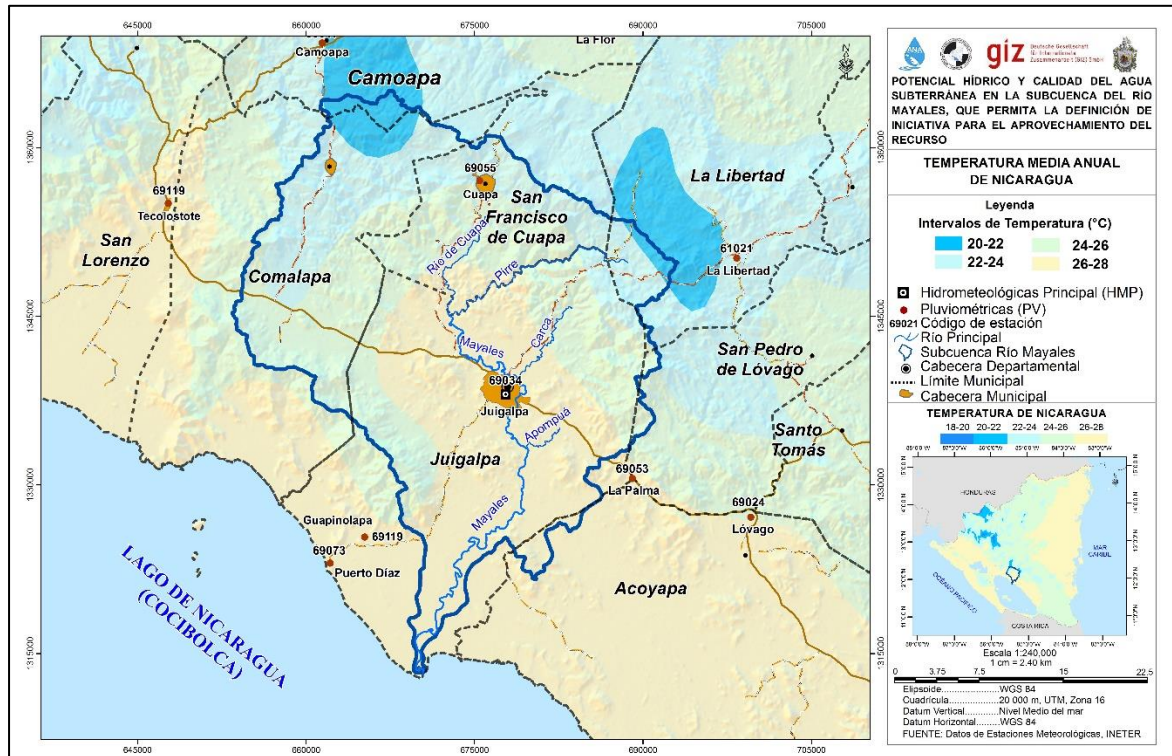


Figura 5. Mapa de temperatura media de la subcuenca Río Mayales

2.5. Evaporación

Los valores mínimos de evaporación oscilan en rango de 135,9 mm y 141,2 mm durante el período lluvioso, en cambio, el seco entre 204,0 mm y 258,8 mm, con promedio de 138,55 mm y 231,4 mm. Comparando los promedios se obtiene una diferencia de 92,85 mm de incremento en ambos períodos. Esto obedece a que, la época seca tiende a incrementar las temperaturas ocasionando un aumento proporcional de la evaporación.

2.6. Evapotranspiración

La evapotranspiración potencial en la subcuenca es de 1800 mm en el sector NO hasta 1400 mm al este y sur de la región. Este comportamiento se puede atribuir a una mayor área boscosa en la zona de recarga y altas temperatura en la época seca.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

2.7. Edafología

2.7.1. Tipo de suelo

La subcuenca Río Mayales está representada en cuanto a textura por cinco tipos de suelos, estos son: arcilla pesada, arcilloso, franco, franco arcilloso y franco arenoso.

Los suelos arcillosos representan la mayor superficie de la subcuenca, distribuido en la parte alta y media, abarca un total de 587,25 km², los suelos franco arcilloso se localizan en la parte alta con una extensión de 227,61 km², en cambio los de tipo arcilloso pesado se encuentran ubicados en la parte baja y hacia el Oeste, con un área aproximada de 184,12 km². Esto lo podemos observar en la Figura 6.

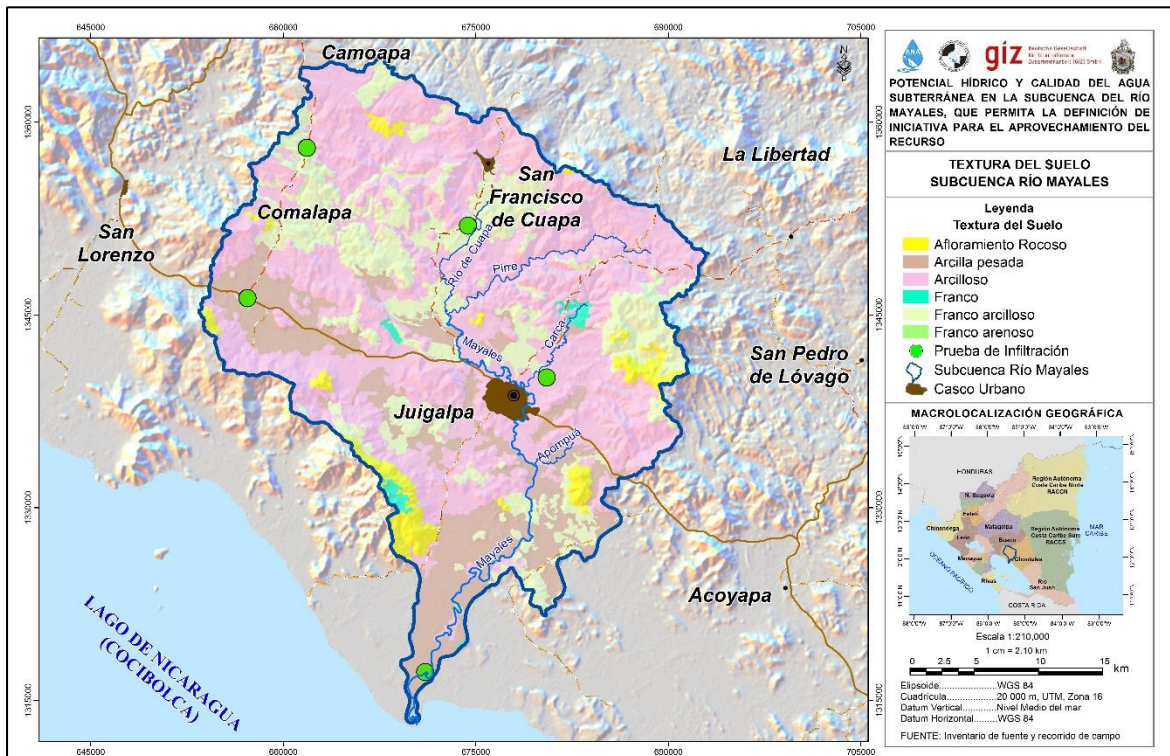


Figura 6. Mapa de textura de suelos en la subcuenca Río Mayales

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

2.7.2. Uso actual de suelo

En la subcuenca Río Mayales, la ganadería extensiva ocupa el primer lugar en cuanto al uso de la tierra, con un 67,65 % de la superficie total y en menor grado con un 26,6 % se extienden potreros degradados. Los bosques latifoliados cerrados, abiertos y de galerías llegan a una cobertura del 3,44 % del territorio. El área de agricultura que abarca la producción de arroz bajo riego y huertos de granos básicos ocupan apenas 0,45 % de las tierras. El 0,58 % del territorio está ocupado por áreas con humedales de pantanos y ciénagas ecológicamente importantes, todo ilustrado en la Figura 7.

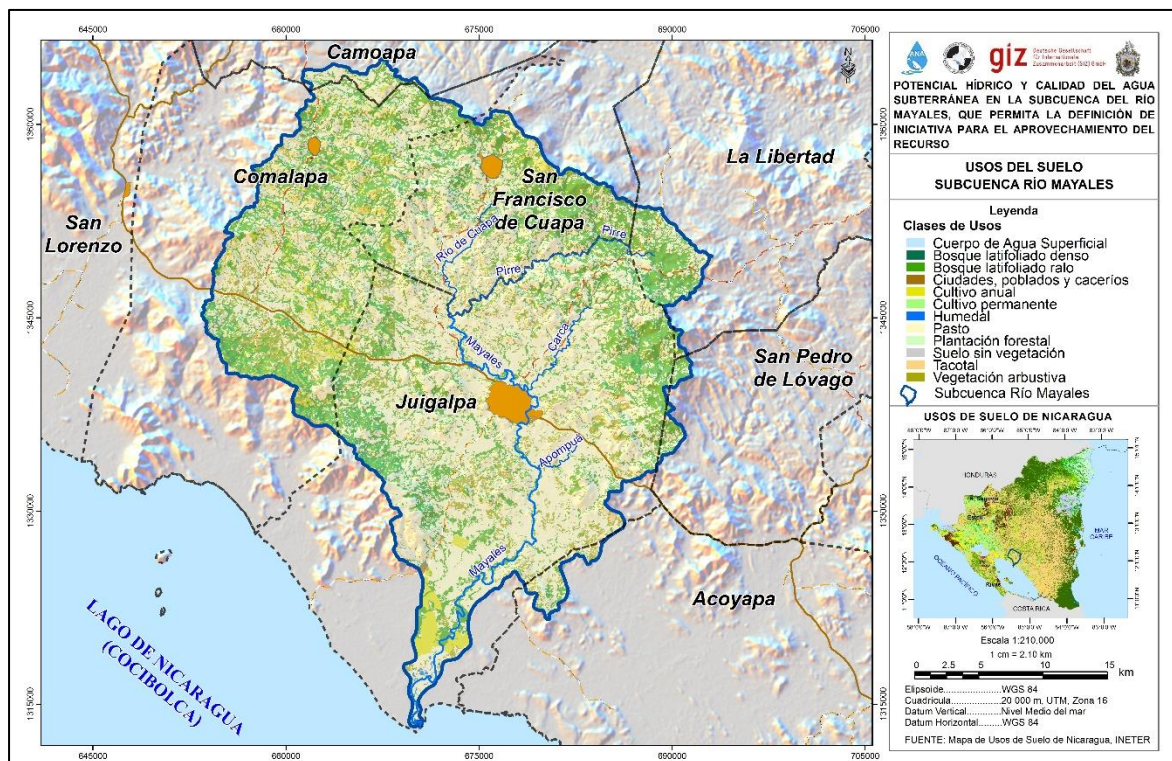


Figura 7. Mapa de uso actual del suelo en la subcuenca Río Mayales

2.7.3. Uso potencial del suelo

Con base a las propiedades edáficas, tipo de relieve y condiciones ambientales, el uso principal potencial es forestal de producción con el 42 % del área territorial,

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

como segundo uso potencial es el forestal de protección en laderas escarpadas con pendientes de 30 % a 50 %, como tercer uso es el agropecuario para el desarrollo de ganadería extensiva y algunos cultivos especiales como arroz y hortalizas con riego, el uso potencial agrícola es de menor escala con 1,93 % del territorio.

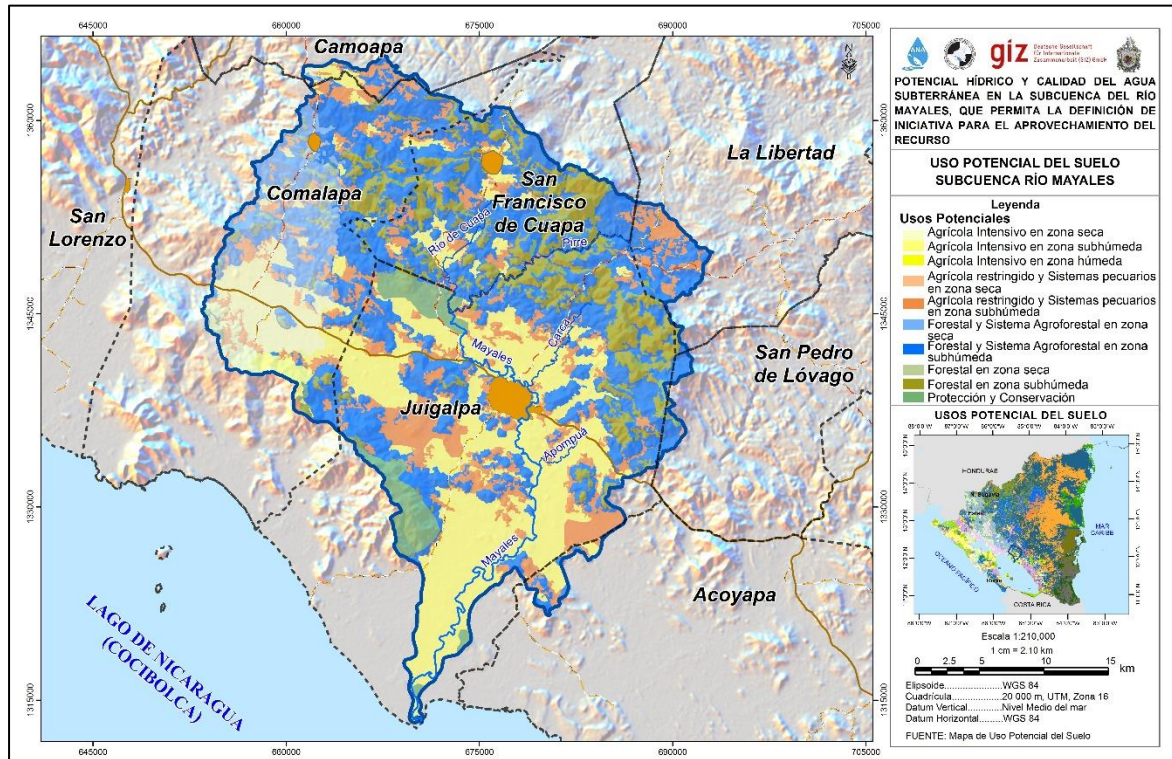


Figura 8. Mapa de uso potencial del suelo en la subcuenca Río Mayales

2.8. Geología

2.8.1. Formaciones geológicas

La subcuenca Mayales tiene características geológicas compuesta por rocas Cuaternarias y Terciarias, principalmente de la formación Coyol y Matagalpa.

Presenta una secuencia estratigráfica, donde se localizan afloramientos de rocas de la formación Coyol Superior e Inferior integradas por ignimbritas, tobas, basalto andesitas y aglomerados y/o andesita.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

Igualmente, se localizan rocas de la formación Matagalpa Superior e Inferior, conformadas por una secuencia de rocas andesita basaltos e indiferenciados especialmente.

2.8.2. Fallas geológicas

La subcuenca Mayales se encuentra afectada por dos sistemas de fallas geológicas principales, el primero tiene orientación NO-SE, el segundo NE-SO. Un enjambre o sistema de fracturas menores que se interceptan entre sí, dan forma a la geomorfología de la zona en especial a la cordillera Amerrisque.

2.8.3. Geomorfología

La subcuenca Mayales está representada por un relieve montañoso muy variado y en menor grado por mesetas inclinadas y cúpulas aisladas. También existen valles o planicies que completan las características geomorfológicas del área. Generalmente, la subcuenca Mayales presenta dos tipos de geomorfología; la primera con relieve abrupto correspondiente al complejo montañoso de la cordillera Amerrisque, cerros y colinas formando mesetas en ocasiones aisladas, y la segunda con dimensiones menores formando valles y costeros. Esto se puede ilustrar en la Figura 9.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA DEL RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

PENDIENTE DEL TERRENO (%) SUBCUENCA RÍO MAYALES

Legenda

INTERVALOS DE PENDIENTES (%)

- 0-10, casi plana a suavemente ondulada
- 10-30, fuertemente ondulada
- 30 - 50 ondulada
- > 52, quebrada a escarpada

● Cabecera Departamental
 ● Cabecera Municipal
 — Río Principal
 — Subcuenca Río Mayales

MACROLOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

Mapa de Nicaragua mostrando la ubicación de la subcuenca del río Mayales en el centro del país.

0 2.5 5 10 15 km
 Escala 1:210,000
 Datum Horizontal.....WGS 84
 Datum Vertical.....Nivel Medio del mar
 Cuadrícula.....20,000 m. UTM, Zona 16
 Elipsoidal.....WGS 84

FUENTE: Dirección de Ordenamiento Territorial, INETER

2.9. Hidrología

18

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

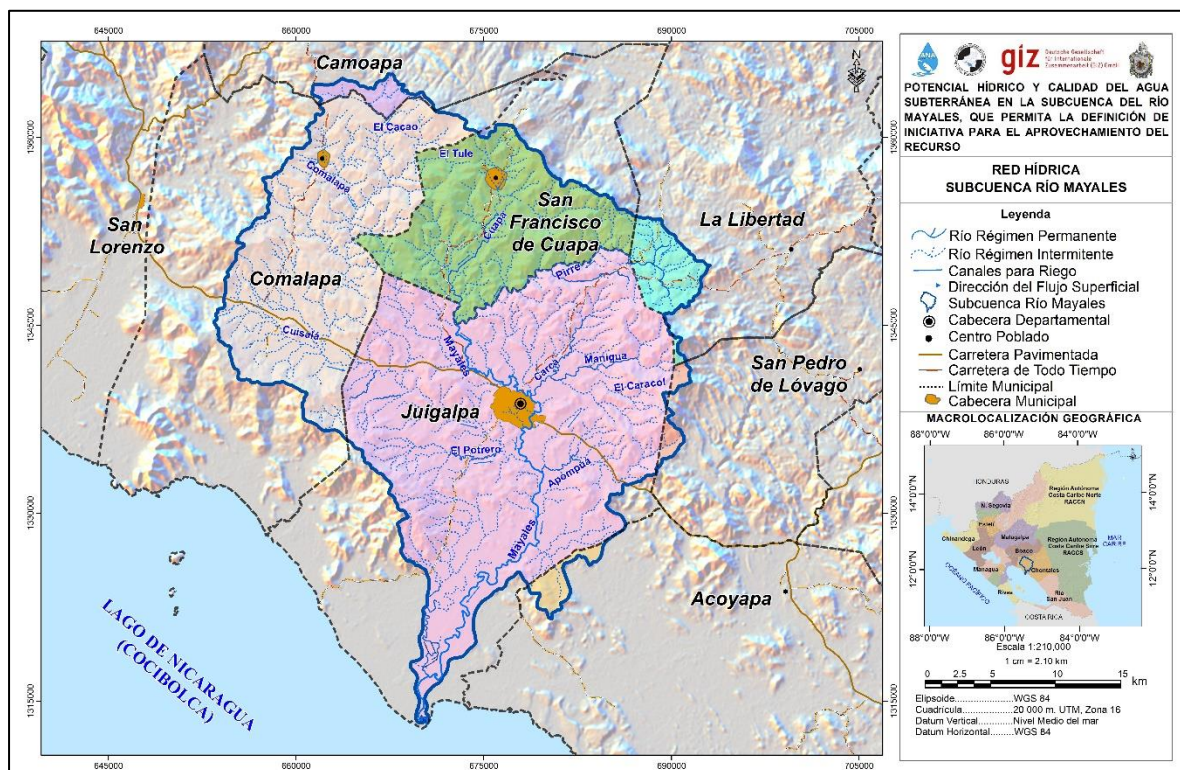


Figura 10. Mapa de red hídrica de la subcuenca Río Mayales

2.9.1. Características de la subcuenca

El río principal presenta una longitud de 83,33 km y nace en las faldas del cerro El Parlamento, con elevaciones máximas y mínimas de 660 msnm y 31,1 msnm respectivamente, desembocando al lago de Nicaragua.

La densidad de drenaje es de 1,18 km/km², este valor modular indica que existe un buen drenaje, probable presencia de ríos permanentes dentro de la subcuenca. Valores altos de este parámetro indican que las precipitaciones influyen inmediatamente sobre la descarga, reflejados en tiempos de concentraciones no significativos.

Según las elevaciones máximas y mínimas, la subcuenca tiene una pendiente media de 0,007 m/m lo que genera un tiempo de concentración de 6,89 horas, siendo este un indicativo que el escurrimiento superficial será del tipo moderado a rápido.

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

Tabla 2. Parámetros fisiográficos e hidrológicos

Parámetros Fisiográficos	Subcuenca Mayales	Clasificación
Área (km ²)	1 053	-
Perímetro (km)	185,2	-
Longitud del río principal (km)	83,33	Largo
Elevación máxima (msnm)	660	-
Elevación mínima (msnm)	31,1	-
Elevación media (msnm)	242,77	Moderada
Ancho subcuenca (km)	35,56	-
Coeficiente de forma Kf	0,15	Ligeramente achatada
Coeficiente de compacidad Kc	1,5	De oval redonda a oval alargada
Índice de alargamiento I	2,3	Moderadamente alargada
Coeficiente de masividad Km	0,23	Muy montañosa
Orden de río	5	Alta
Densidad de drenaje (km/km ²)	1,18	Baja
Número de escurrimiento	798	Alto
Pendiente del cauce principal (%)	0,75	Fuerte
Frecuencia de ríos	0,76	-
Tiempo de concentración Tc (hr)	6,89	Escurrimiento superficial moderado

Fuente: Dirección General de Recursos Hídricos. INETER, 2010

2.10. Calidad de agua de la subcuenca

Para el análisis de calidad de agua proveniente de la subcuenca Río Mayales e interpretación de los resultados, se tomaron en cuenta diferentes muestreos realizados con anterioridad, retomando parámetros fisicoquímicos, metales pesados y microbiológicos.

En la tabla siguiente se muestran los resultados de la caracterización del agua cruda de Puerto Díaz:

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

Tabla 3. Caracterización del agua cruda del Puerto Díaz

Parámetro	Unidad de Medida	Agua Cruda
pH *		7,77
Turbidez*	NTU	15,30
Sólidos Totales Disueltos (STD)*	mg/L	141,00
Aluminio (Al ³⁺)*	mg/L	0,08
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)*	mg/L	6,00
Color*	mg/L Pt-Co	37,00
Absorbancia (UV ₂₅₄)*	1/cm	0,16
Carbono orgánico disuelto (COD)*	mg/L	6,33
Conductividad *	(μS/cm)	287,30

*Los resultados de análisis fueron retomados de la tesis monográfica “Estudio de diferentes procesos de coagulación para la remoción de materia orgánica natural para disminuir la formación de trihalometanos en aguas de Puerto Díaz, Juigalpa” (2017).

Como se puede observar el pH del agua está muy cerca de la neutralidad y se encuentra dentro del rango establecido por las normas CAPRE (2002) y EPA (2001), cuyo rango de pH se encuentra entre 6,5-9. En cambio, la turbidez y el color de agua están sobre el rango establecido, lo que indica alta presencia de material orgánico natural y la necesidad de darle un tratamiento adecuado para evitar efectos perjudiciales en la salud (Soriano & Lacayo, 2017).

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

3. METODOLOGÍA

El presente documento contempla primeramente una descripción generalizada de la subcuenca en estudio; integrando la componente climatológica con variables principales de precipitación, temperatura, evapotranspiración y humedad relativa. También se incluye el levantamiento de datos de campo para describir la geología de la zona, recarga, parámetros hidráulicos y realización de perfiles geológicos superficiales, seguido de inventario de fuentes subterráneas, aforos de ríos, pruebas de bombeo y monitoreo de los niveles estáticos, con lo cual permite tener una visualización de las zonas más profundas y someras del agua subterránea; finalizando con la determinación de la calidad del agua a través de muestreos puntuales, distribuidos en la parte alta, media y baja de la subcuenca.

Según el diseño metodológico, el estudio es analítico, asimismo, por el tiempo de ocurrencia de los hechos y registro de información, el estudio es prospectivo y correlacional de acuerdo con lo establecido por Pedroza (2012).

3.1. Recopilación y análisis de datos e información

3.1.1. Climatología

Los datos de precipitación empleados corresponden a monitoreos de 30 años a partir de 1 estación HMP y 9 pluviométricas, las cuales son administradas por INETER. El periodo utilizado comprende de 1988 a 2017, con datos que fueron procesados estadísticamente con el método doble masa y contenidos en la Tabla 4.

Estos fueron utilizados para describir el comportamiento de las precipitaciones en la zona y la elaboración del mapa de isoyetas del periodo mencionado.

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

Tabla 4. Estaciones meteorológicas utilizadas

N.º	Código	Nombre de estación	Tipo	Elevación	Nombre del municipio	Este	Norte
1	55017	Camoapa	PV	470	Boaco	661442	1369302
2	55039	La Flor	PV	360	Villa Revolución	685716	1370742
3	61021	La Libertad	PV	467	La Libertad	698362	1350171
4	69024	Lóvago	PV	90	Santo Tomás	699609	1327135
5	69034	Juigalpa	HMP	90	Juigalpa	677758	1338059
6	69053	La Palma	PV	160	Juigalpa	689062	1330574
7	69055	Cuapa	PV	325	cuapa	675468	1357039
8	69083	Guapinolapa	PV	50	Piquin Guerrero	665222	1325355
9	69073	Puerto Díaz	PV	50	Juigalpa	662152	1323037
10	69119	Tecolostote	PV	100	Tecolostote	647737	1355039

Fuente: INETER, 2018

Por otro lado, los datos de temperatura, humedad relativa y evaporación fueron tomados de la estación Juigalpa, por ser la única del tipo HMP presente en la zona. Igualmente, se utilizó un período de 30 años.

En cuanto a la evapotranspiración, se calculó por el método de Hargreaves Simplificado, empleando datos de temperaturas mínimas, medias y máximas para la determinación, asimismo, se utilizó la radiación solar extraterrestre propuesto por Allen et al. 1998.

3.1.2. Geología

La valoración de datos e información geológica como mapas y sistema de fallas se retomaron del mapa geológico minero de Nicaragua, elaborado por INETER en el año 1995 e información del estudio de mapificación de la región central de Nicaragua (2004), ilustrado en la Figura 11.

Se trazaron 4 perfiles geológicos superficiales distribuidos horizontalmente en la parte alta, media y baja, y 1 vertical que atraviesa toda la subcuenca. Los perfiles fueron elaborados para representar la intersección de las diferentes formaciones geológicas del subsuelo, representadas en un plano vertical.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

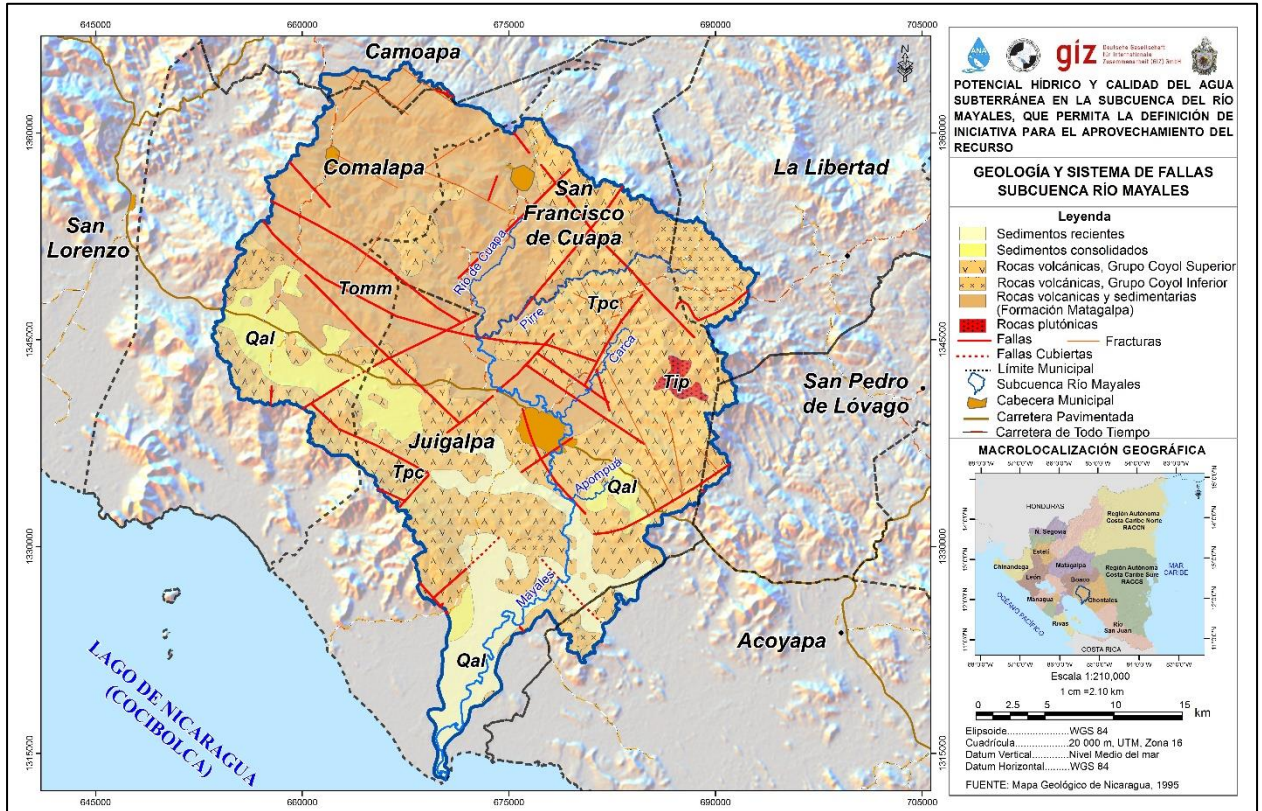


Figura 11. Mapa geológico y sistema de fallas en subcuenca Río Mayales.

3.1.3. Hidrogeología del acuífero

La mayoría de los parámetros hidráulicos de transmisividad (T), permeabilidad o conductividad hidráulica (k), caudal específico (q) y coeficiente de almacenamiento (s) fueron retomados de las pruebas de bombeos realizadas por ENACAL, en etapa de construcción de los pozos y de INETER, desarrolladas en el año 2010.

Estas fueron utilizadas debido a que los pozos monitoreados no cuentan con las condiciones necesarias para desarrollar las pruebas. Se efectuaron 2 pruebas con duración de tres horas por ser pozos pocos productivos y condiciones desfavorables para una mayor duración.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

3.2. Levantamiento de campo

El método que se utilizó es cuantitativo, debido que el levantamiento de datos se desarrolló en campo.

Para el levantamiento de información *in-situ* se emplearon formatos de campo para registrar los datos indispensables para la caracterización de la subcuenca.

3.2.1. Pruebas de infiltración

Se realizaron pruebas de infiltración por el método de doble anillo para conocer la capacidad de infiltración que poseen los suelos en la zona, ilustrado en las Figuras 12 y 13. Estas se desarrollaron en 5 puntos, ubicadas 2 en la parte alta, 2 en la parte media y 1 en la zona baja de la subcuenca. La distribución se realizó en dependencia del tipo de suelo.

Asimismo, la interpretación de las mismas sirve para conocer diferentes zonas de recarga en un área determinada, asociándolas con la geología del medio, tipo de vegetación, textura del suelo y pendiente del terreno.



Figura 12. Infiltrómetro de doble anillo



Figura 13. Instalación de infiltrómetro de doble anillo

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

3.2.2. Geológico de superficie

El reconocimiento geológico se realizó con el propósito de verificar la información existente en la zona, asimismo las posibles fracturas y tipos de rocas. Los sitios visitados fueron principalmente afloramientos, lechos rocosos en ríos, cortes en carreteras y caminos, a como se aprecia en las figuras 14 y 15.



Figura 14. Lecho rocoso en río con presencia de fracturas



Figura 15. Afloramiento de rocas fracturadas en río

3.2.3. Aforos de ríos

Se realizaron aforos puntuales con molinete digital en 8 puntos en ríos tributarios y principales que descargan al principal. Estos se llevaron a cabo a finales de la época lluviosa, cabe destacar que los resultados son puntuales, lo cual, no representa el caudal medio de los ríos en esos sitios, únicamente en esa época, momento y lugar.

Los sitios donde se llevaron a cabo los aforos son conocidos como Río Mayales (Puente Panmuca), La Carca, Quebrada Las Cuacas, Cuisala (El Llanito), Cuisala, Cuapa, Pirre y Apompuá.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO



Figura 16. Realización de aforo en río



Figura 17. Aforo con molinete digital

Los aforos fueron realizados para conocer la dinámica del flujo en algunos tributario y río principal, sin embargo, no serán tomados en cuenta como parte de las variables que integran el balance hídrico. En este caso, se utilizará datos promedios de escurrimiento superficial de la red hidrométrica ubicada en el Jicaral, la cual es monitoreada por INETER.

3.2.4. Inventario de fuentes hídricas

Se realizó inventario de fuentes hídricas subterráneas, las cuales fueron georreferenciadas con GPS marca Garmin. De igual manera se midieron los niveles estáticos con la ayuda de sonda lumínica y sonoramarca Solinst a como lo podemos observar en las Figuras 18 y 19.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO



Figura 18. Medición de niveles en pozo comunitario



Figura 19. Medición de niveles en pozo excavado

Las mediciones de niveles se realizaron con el fin de valorar la hidrodinámica del flujo subterráneo, dando un panorama del comportamiento de los acuíferos en las diferentes zonas, tanto de recarga como de descarga.

Esto se pudo llevar a cabo con la selección de 89 pozos distribuidos uniformemente en toda la subcuenca, utilizados como red de monitoreo de agua subterránea en el período lluvioso y seco. La mayoría utilizan bombas de mecate y el agua es aprovechada únicamente para el consumo humano (ver tabla en anexo).

Asimismo, en el año 2017 se utilizó red de monitoreo instalada por ANA y las alcaldías municipales de San Francisco de Cuapa, Juigalpa y Comalapa, realizando una actualización de los datos a partir de 37 pozos.

3.2.5. Pruebas de bombeo

Para realizar una prueba, se mide el abatimiento del nivel dinámico originado durante el bombeo y el nivel estático en pozos de observación. A partir del comportamiento del abatimiento de los niveles, caudal de bombeo, horas de bombeo y distancia entre ellos se puede obtener información referente a las

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

características hidráulicas de los acuíferos (transmisividad, conductividad hidráulica, coeficiente de almacenamiento, existencia de barrera impermeables o de recarga).

Se realizaron dos pruebas de bombeo en los sitios de Comalapa y Cuapa 2, con una duración aproximada de tres horas y media cada una, ya que estos no son tan productivos, igualmente por la inestabilidad de energía durante el bombeo.

Las mediciones se realizaron con dispositivos electrónicos Diver a intervalos de medición de 5 segundos en cada lectura, luego los datos fueron descargados con el software Diver-office 2011 para su procesamiento.

3.2.6. Muestreo de agua y parámetros fisicoquímicos

Se realizó muestreo en 26 pozos, con el propósito de analizar la calidad del agua. Las muestras fueron tomadas en colaboración con personal técnico del CIRA-UNAN y analizadas por el mismo centro. En las Figuras 20 y 21 se puede observar parte del levantamiento durante el muestreo.

Los parámetros analizados son; fisicoquímico (pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, calcio, magnesio, sodio, potasio, cloruros, nitratos, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos, dureza total, alcalinidad total, nitritos, hierro total, fluoruros y amonio), bacteriológico (coliformes totales, coliformes termotolerantes y *escherichia coli*) y metales pesados (arsénico, mercurio y plomo total).

Debido que los pozos monitores en su mayoría son comunitarios para el abastecimiento de agua de la población de comunidades, los resultados obtenidos fueron comparados con la norma CAPRE.

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**



Figura 20. Preservación de muestras de agua



Figura 21. Muestreo de agua en compañía del CIRA-UNAN

- **Variable fisicoquímica de campo**

Se midieron parámetros fisicoquímicos en campo con sondas multiparamétricas marca Hanna, modelo Hi 9829. Los parámetros medidos fueron oxígeno disuelto, pH, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, salinidad, potencial REDOX y saturación de oxígeno disuelto. En las Figuras 22 y 23 se observa el tipo de aparato utilizado y las mediciones realizadas.

Estos son esenciales para determinar el carácter genético del agua, así como indicios de contaminación, ya que son medidos directamente en campo y algunos de sus parámetros no sufren variabilidad respecto al tiempo, caso común de la temperatura.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO



Figura 22. Sonda multiparamétrica utilizada en campo



Figura 23. Medición de parámetros fisicoquímicos de campo

- **Variables de metales pesados en laboratorio**

Los parámetros muestreados fueron; arsénico, mercurio y plomo en 14 (catorce) pozos de la subcuenca Río Mayales, de los cuales 2 pozos pertenecen al municipio de Comalapa, 4 a San Francisco de Cuapa y 8 a Juigalpa (Figura 49). Estos analizados por el laboratorio CIRA-UNAN.

- **Variables microbiológicas de laboratorio**

Se recolectaron 26 muestras para el análisis microbiológico, distribuidas mayormente en la parte media y alta de la subcuenca. Los parámetros analizados son; coliformes totales, coliformes termotolerantes y *escherichia coli*.

3.3. Análisis de datos e información del estudio

Consistió en el procesamiento y análisis de toda la información recopilada en campo. Asimismo, la información tomada de fuentes bibliográficas, como es la geomorfología y algunos componentes del medio físico, fueron reinterpretados y ligados a información generada en campo.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

La información de datos hidrometeorológicos fue procesada y analizada a partir de una serie temporal de aproximadamente 30 años, desde el año 1988 hasta el 2017, con una cantidad de 10 estaciones meteorológicas.

3.3.1. Recarga de acuíferos

La componente de recarga hídrica o natural se ha estimado de acuerdo con las características geológicas del área de estudio y el régimen climático, asignando un coeficiente de infiltración para cada formación geológica. Con base al análisis geológico se determinaron diferentes tipos de formaciones, con porcentajes de infiltración de agua al subsuelo según la granulometría y litología, ilustrado en la Tabla 5.

Tabla 5. Infiltración de agua según tipo de geología. JICA et al. 1988

Símbolo geológico	Formación geológica	Infiltración (%)
Qal	Depósitos cuaternarios	15%
Tomm	Rocas terciarias volcánicas – grupo matagalpa	5%
Tpc	Roca terciaria volcánica-grupo coyol	5%
Tip	Intrusiva	3%

3.3.2. Balance hidrogeológico

En el cálculo del balance hidrogeológico se utilizan datos de entradas y salidas al sistema (subcuenca). Las entradas son las precipitaciones registradas en las estaciones pluviométricas e hidrometeorológicas, aportes de agua subterránea que puede haber por cualquier medio, sea por recarga natural o por riego. En cambio, las salidas están constituidas por la evapotranspiración, caudales de salida superficial a través de ríos. La fórmula para estimar el balance hídrico es la siguiente:

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

$$(P + Q_{sup_e} + Q_{sub_e}) - (B + Q_{sup_s} + Q_{sub_s} + E_{tr}) - \Delta S = 0$$

Donde:

Entradas al sistema acuífero

P: aportación pluviométrica

Q_{sup_e}: caudal superficial entrante

Q_{sub_e}: caudal subterráneo entrante

Salidas del sistema acuífero

B: extracción por bombeo

Q_{sup_s}: caudal superficial de salida

Q_{sub_s}: caudal subterráneo de salida

E_{tr}: evapotranspiración real

Variación del almacenamiento

ΔS: variación del almacenamiento (final-inicial)

3.3.3. Hidrogeoquímica

Las características hidroquímicas se determinaron a través de los diagramas triangulares de Piper utilizando el programa EASY-QUIM, los cuales se utilizan para hacer una representación de las proporciones de tres componentes de la composición de un conjunto o de una sustancia.

En hidroquímica se aplica un triángulo para los cationes principales y otro para los aniones. Los vértices de este de cationes son Ca⁺, Mg⁺ y Na²⁺, K⁺, los vértices de aniones son SO₄²⁻, Cl⁻, y HCO₃⁻.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

3.4. Digitalización de los datos

A partir de la información recopilada en campo y literatura o estudios, se elaboraron mapas temáticos como son precipitación, temperatura, tipo de suelo, hidrológico, hidrogeológico, geológico, hidroquímico, entre otros. Los mapas fueron elaborados con el programa ArcGis 10.5 y representados en el sistema internacional WGS 84.

Se generaron gráficos de precipitaciones, temperaturas, evaporación, humedad relativa y evapotranspiración. Para la generación de los mismos se digitalizaron todos los datos en tablas de Excel.

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

4. RESULTADOS

4.1. Aspectos climatológicos

4.1.1. Precipitación

De acuerdo con los datos proporcionados por INETER de 10 estaciones para un período de 30 años, comprendido de 1988 al 2017 (ver tabla en anexo), las precipitaciones más altas ocurren en el mes de septiembre con 264,5 mm y las mínimas en marzo con 10,5 mm. Los meses más lluviosos en la subcuenca son septiembre y octubre. De manera general se puede decir que las precipitaciones promedio anuales oscilan en 1573,65 mm, esto se puede apreciar en la Tabla 6.

Tabla 6. Precipitación promedio anual (mm), periodo 1988-2017

Nombre	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agost	Sept	Oct	Anual
Camoapa	85,1	38,2	34,9	23,5	15,3	22,8	171,7	223,4	198,1	190,0	207,4	199,1	1409,55
La Flor	148,3	67,5	61,7	44,9	13,7	15,1	123,7	262,5	349,6	313,3	261,9	251,9	1914,11
La Libertad	107,5	62,3	60,5	36,3	20,8	24,8	115,4	233,0	275,0	195,8	186,8	182,7	1500,96
Lóvago	94,2	28,1	28,5	10,4	6,7	27,5	168,9	294,7	196,8	214,1	260,6	264,7	1595,19
Juigalpa	57,8	17,2	10,4	5,0	3,0	13,7	156,5	197,5	140,3	164,7	227,5	229,5	1223,15
La Palma	48,9	8,9	10,0	5,4	1,1	15,3	173,4	198,7	196,5	225,3	230,2	205,3	1319,07
Cuapa	63,8	43,3	39,1	20,4	9,7	18,1	151,3	224,7	236,0	223,7	273,6	249,4	1553,01
Puerto Díaz	73,2	18,6	14,4	10,1	9,3	22,6	186,2	243,9	242,2	316,0	337,4	364,1	1838,15
Guapinolapa	71,6	15,0	7,5	1,0	18,2	12,1	192,2	272,5	223,1	252,0	310,8	321,1	1696,82
Tecolostote	87,9	9,2	8,3	2,4	6,7	23,7	155,8	278,6	213,1	239,8	348,9	312,2	1686,52
Promedios	83,8	30,8	27,5	16,0	10,5	19,6	159,5	242,9	227,1	233,5	264,5	258,0	1573,65

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de INETER, 2018

En el Gráfico 1, se puede apreciar el comportamiento de las precipitaciones medias anuales en la subcuenca Río Mayales. Las mayores intensidades de lluvias se presentan de mayo a octubre, establecido el período lluvioso. Las menores entre noviembre a abril, período seco establecido. Este comportamiento deja bien marcado los dos períodos en la subcuenca, como son el seco y lluvioso.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

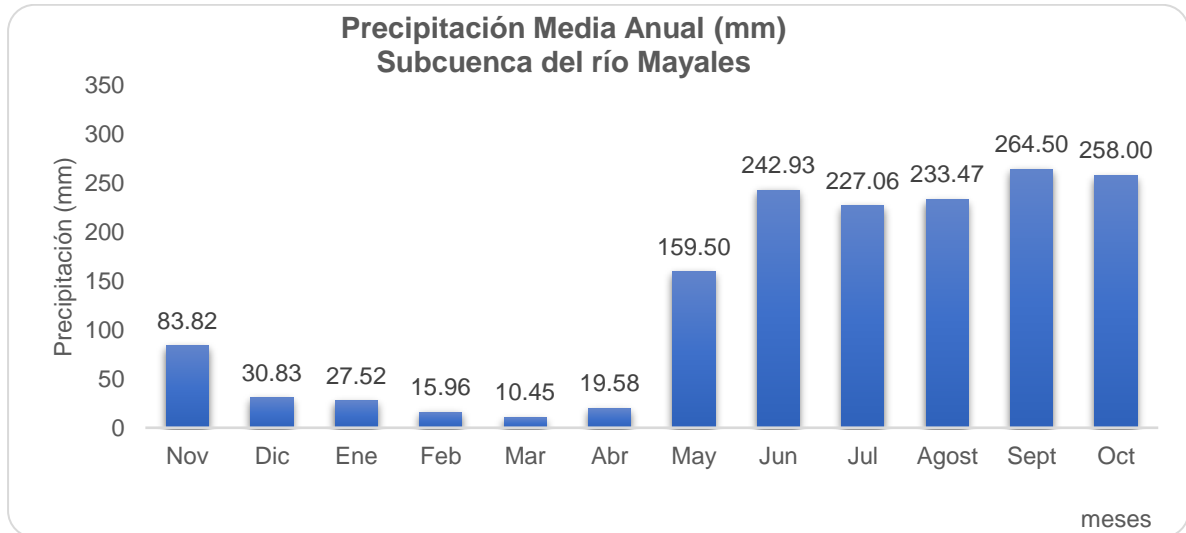


Gráfico 1. Precipitación promedio en la subcuenca Río Mayales, periodo 1988 – 2017

De acuerdo con la Figura 24, la distribución espacial de las precipitaciones tiene un comportamiento orográfico desde el barlovento (NE), con mayores intensidades en las zonas de recarga de la subcuenca, las cuales disminuyen hacia el centro por efecto altitudinal del terreno. A medida que se acerca a la zona costera en la parte suroeste, tienden a incrementar en dirección sotavento por la interacción y la dinámica de flujo de aire que genera el lago.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

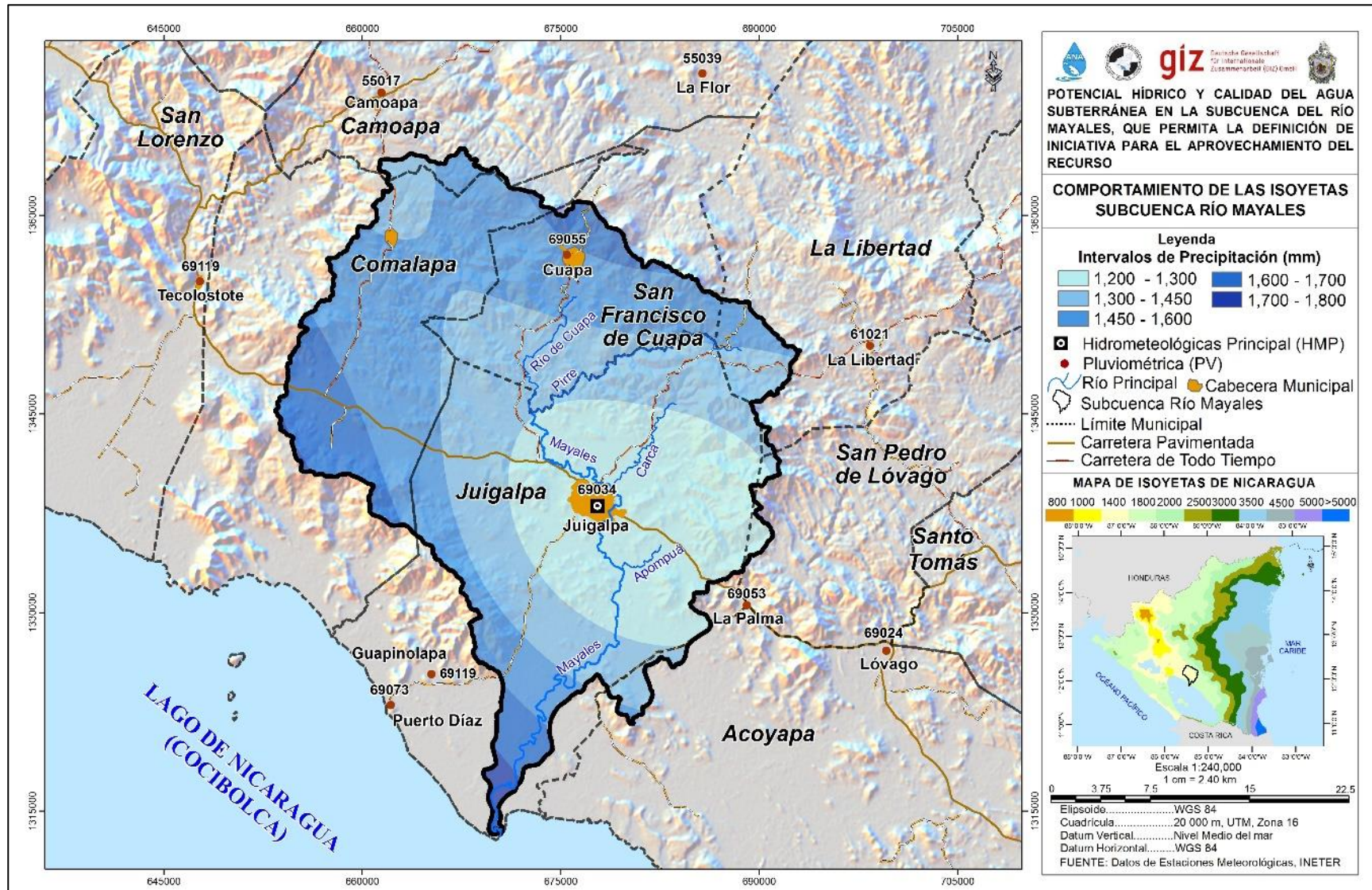


Figura 24. Mapa de comportamiento de la precipitación en la subcuenca Río Mayales

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

4.1.2. Temperatura

De acuerdo con registros históricos, las temperaturas medias en la subcuenca Río Mayales oscilan entre 26,2 °C como mínimo en enero y máxima de 28,9 °C en abril (ver tabla en anexo). El comportamiento está ligado a las precipitaciones y bien marcado a los dos periodos establecidos en Nicaragua (seco y lluvioso). Al iniciar la época lluviosa en mayo tiende a descender, hasta llegar a la época seca, donde vuelve a incrementar proporcionalmente. En la Tabla 7 se muestra lo descrito.

Tabla 7. Temperatura anual promedio (°C), periodo 1988-2017

	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOST	SEPT	OCT	ANUAL
Med	26,5	26,3	26,2	26,7	27,8	28,9	28,4	27,1	26,8	26,9	26,5	26,4	27,0
Máx	33,3	33,0	33,2	34,2	35,6	36,8	36,6	34,6	33,9	34,3	34,1	33,6	34,4
Mín	20,7	20,6	20,7	20,7	20,7	22,4	22,5	22,3	22,0	22,1	21,8	21,8	21,5

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de INETER, 2018

En el siguiente gráfico se observa que los meses más calientes corresponden a los meses de marzo, abril y mayo, en donde mayo es el inicio de la época lluviosa y fin de la época seca. Durante el invierno las temperaturas descienden, manteniéndose casi constante producto de las altas intensidades de precipitaciones que refrescan el ambiente.

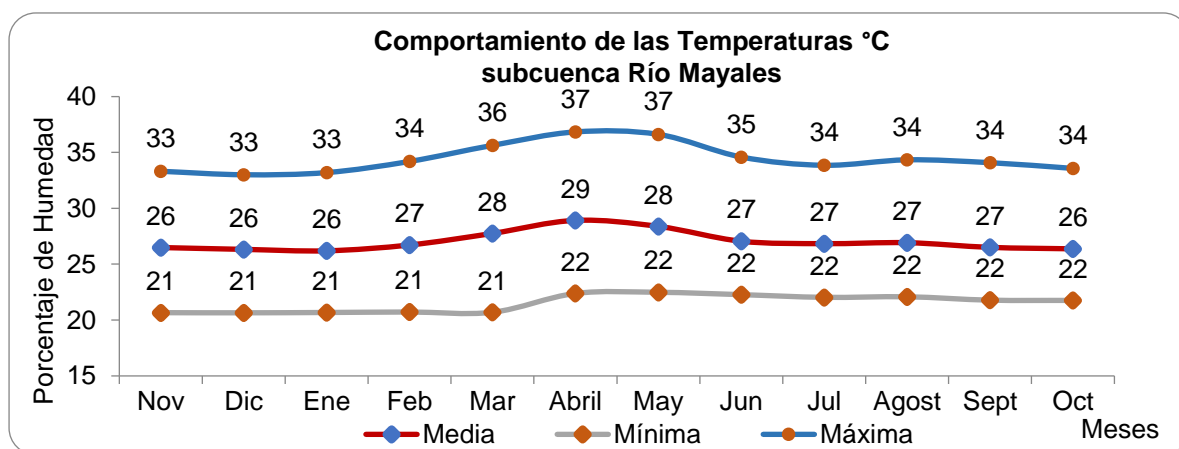


Gráfico 2. Temperatura media, periodo 1988 – 2017

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

La Figura 25 ilustra que las temperaturas se establecen con mayor incidencia en la parte baja de la subcuenca, principalmente en zona costera del lago Cocibolca, hacia el suroeste de la misma.

A medida que se aproxima a la parte alta y zona de recarga de la subcuenca, estas tienden a disminuir por efecto altitudinal y presencia de montañas boscosas escarpadas. El rango de temperaturas que más predominante en el área oscila entre los 26,2 a 27,8 oC en la parte central y zonas altas de la subcuenca.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

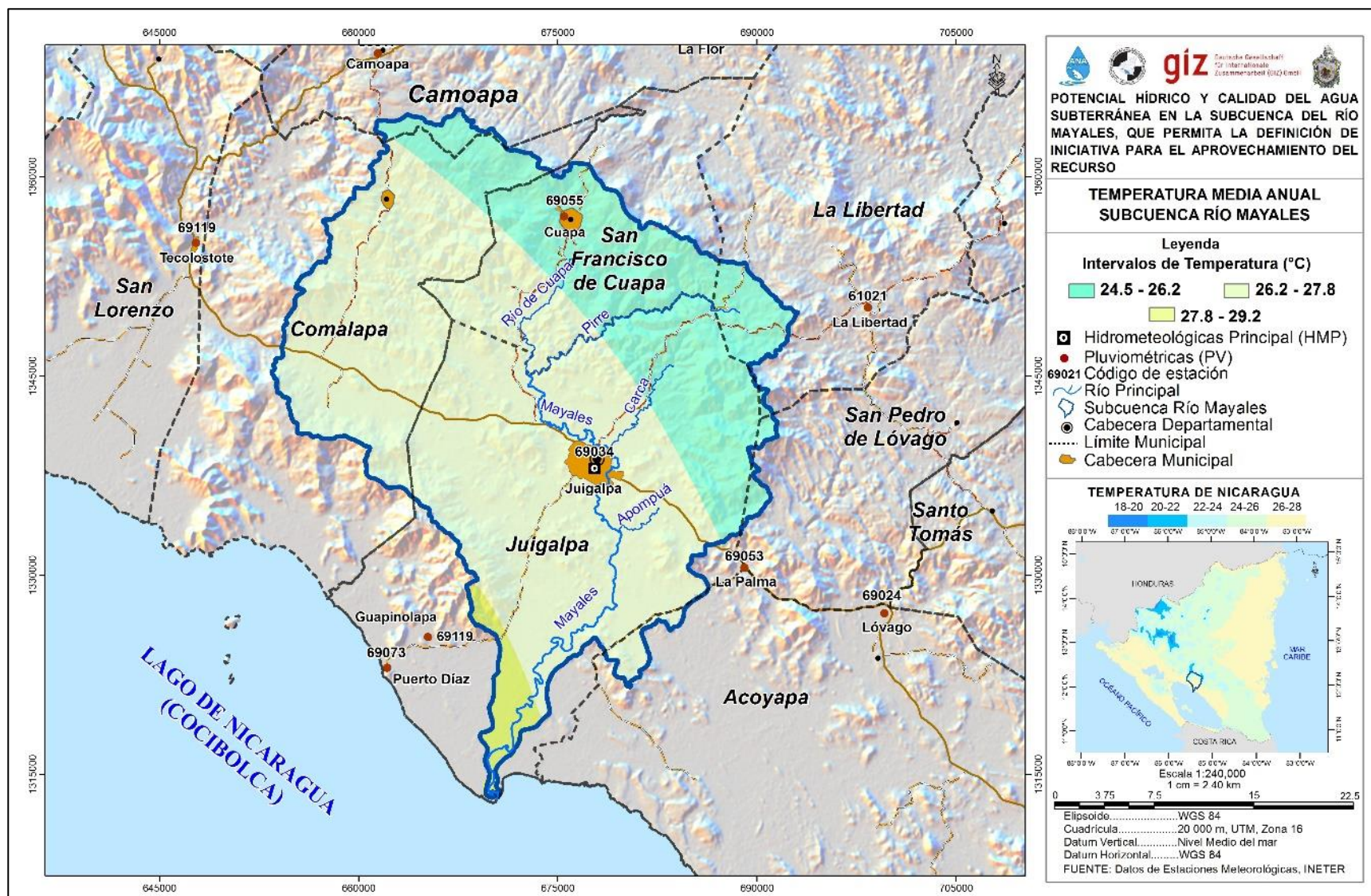


Figura 25. Mapa de comportamiento de la temperatura en la subcuenca Río Mayales

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

4.1.3. Humedad Relativa

La humedad relativa promedio en la subcuenca Mayales oscila entre el 76 % en marzo, 78% en abril, y el 92 % en septiembre y octubre, obedeciendo a los meses más húmedos en la época lluviosa, lo cual se observa en la Tabla 8.

Tabla 8. Humedad relativa promedio (%), periodo 1988-2017

NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOST	SEPT	OCT	ANUAL
90	86	83	80	76	78	88	92	91	91	92	92	95

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de INETER, 2018

Según el Gráfico 3, el comportamiento de la humedad relativa se mantiene relativamente constante desde junio hasta octubre, sin embargo, a partir de noviembre disminuye manteniéndose casi constante durante todo el periodo seco.

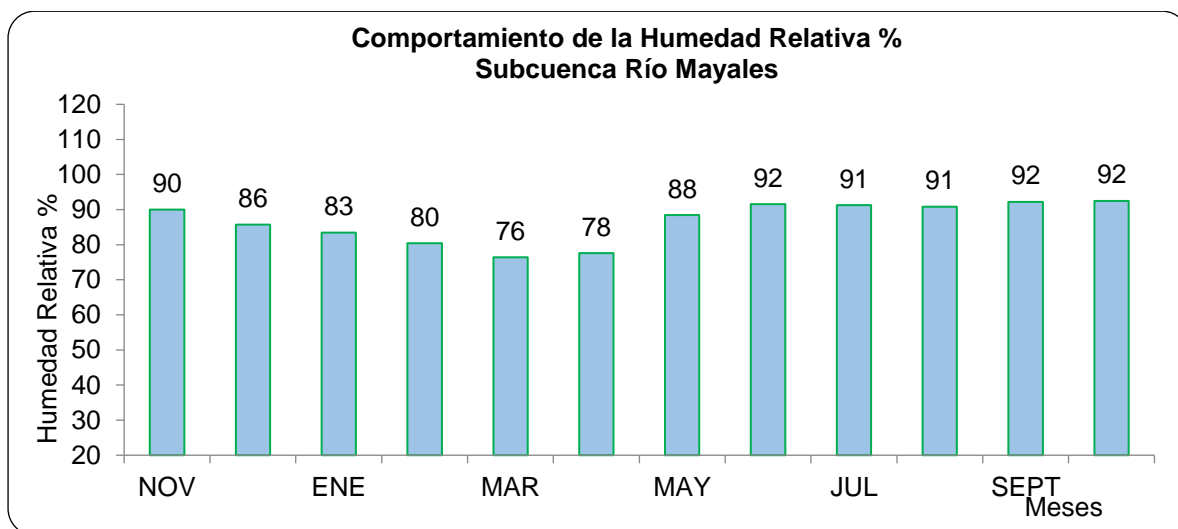


Gráfico 3. Humedad Relativa media en la subcuenca Río Mayales, del periodo estudiado (1988 – 2017)

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

4.1.4. Evaporación

La evaporación media oscila mensualmente entre los 127 mm en octubre y los 257 mm en marzo. El dato más bajo se registra entre los meses de junio a octubre, período que comprende la temporada lluviosa y las más altas se generan a partir de diciembre hasta abril, correspondiente a la época seca, este comportamiento se observa en la Tabla 9.

Tabla 9. Evaporación promedio anual (mm), periodo 1988-2017

NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	ANUAL
140	171	187	196	257	224	193	133	145	147	131	127	1923

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de INETER, 2018.

Según el siguiente gráfico, la evaporación promedio presenta un comportamiento similar a la temperatura, los meses más calientes del año están comprendidos de noviembre a abril, siendo marzo el más alto. En la época lluviosa éstas tienden a descender por el declive de la temperatura.

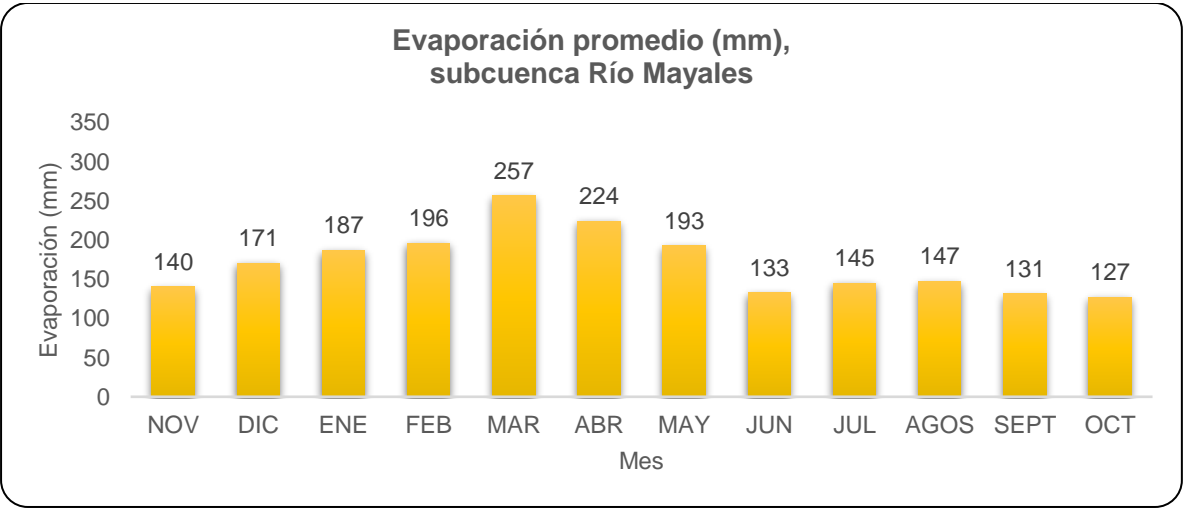


Gráfico 4. Evaporación media de la subcuenca Río Mayales, en el periodo 1988 – 2017

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

4.1.5. Evapotranspiración

La evapotranspiración se calculó a través del método del Hargreave Simplificada, obteniendo como resultado ETP elevadas en marzo (155,2 mm), abril (162,6 mm) y mayo (156,8 mm), los meses donde la ETP es menor es en noviembre con 112,2 mm y diciembre con 109 mm (Tabla 10).

Tabla 10. Evapotranspiración promedio anual (mm)

NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOST	SEPT	OCT	ANUAL
112,2	109,0	114,3	119,8	155,2	162,6	156,8	134,7	134,5	142,8	136,3	127,6	1606

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de INETER, 2018

La evapotranspiración presenta el mismo patrón de comportamiento que la evaporación, las ETP más altas se evidencian entre marzo y mayo, a partir de junio el descenso es notorio, concordando con la época de invierno.

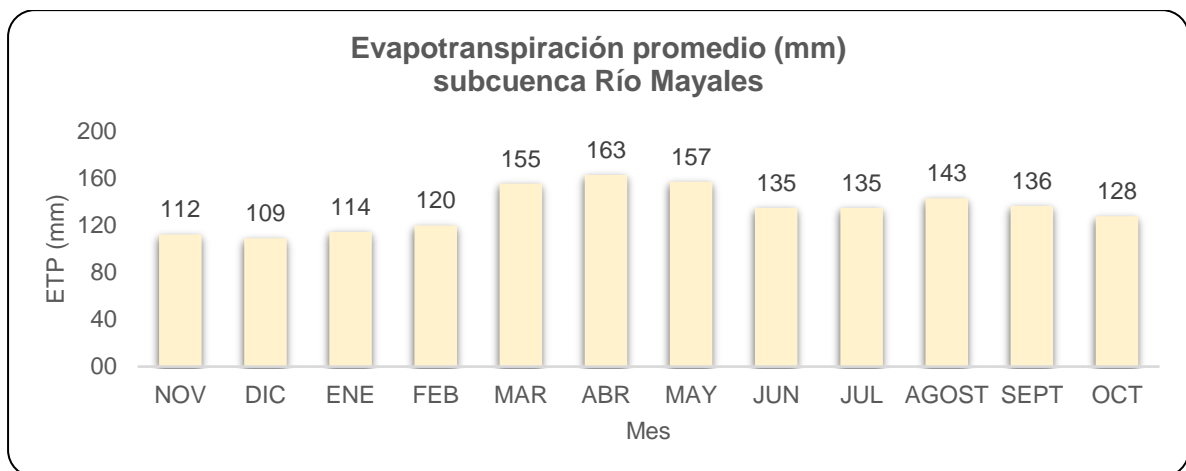


Gráfico 5. Evapotranspiración media de la subcuenca Río Mayales, periodo 1988 – 2017

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

4.2. Edafología

De acuerdo con las pruebas de infiltración, se puede observar que la mayor infiltración se da en la comarca La Esperanza con 68,71 mm/h, esta se ubica en la parte baja de la subcuenca, asimismo se encontró coeficiente de 7,38 mm/h en Santa Rosa, hacia el oeste en la parte media, a como se resume en la Tabla 11.

Tabla 11. Pruebas de infiltración en la subcuenca

Id	Sitios	Este	Norte	fc (mm/h)	Textura
IF-1	Piedra Grande 1	680497	1340079	3,06	Arcilloso compacto
IF-2	La Esperanza	671072	1317178	68,71	Arenoso
IF-3	Pozo ENACAL	661755	1358128	5,31	Arcilloso limoso
IF-4	Santa Rosa	657188	1346379	7,38	Franco arcilloso
IF-5	El Carmen	674327	1351937	4,36	Arcilloso limoso

Según la textura del suelo y de referencia las pruebas de infiltración, los sitios de Piedra Grande 1, Pozo ENACAL y El Carmen presentan una textura de suelo de arcillosa a arcillo limosa, en cambio La Esperanza y Santa Rosa son suelos arenosos y franco arcillosos respectivamente. La Tabla 12 muestra la clasificación de la textura de suelos en dependencia de la infiltración básica de éstos.

Tabla 12. Infiltración básica según textura de suelo

Tipo de suelo	Infiltración básica (mm/h)
Arenoso grueso	25 a 60
Arenoso fino	18 a 25
Franco arenoso	14 a 18
Franco limoso	10 a 14
Franco arcilloso	7 a 10
Arcillo limoso	4 a 7
Arcilloso compacto	2 a 5

Fuente: tomado del manual de riego parcelario de la FAO, 2001

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**



Figura 26. Prueba con el doble anillo



Figura 27. Instalación del doble anillo

En la subcuenca Río Mayales se presentan cinco tipos de suelos, entre estos tenemos los Alfisols, Mollisols, Entisols, Inceptisols y Ultisols. En esta predominan los Inceptisoles, localizados en la parte central hacia el Este y parte alta al Noroeste, abarcando un área de 391,76 km² representando el 37,2%, seguidos de los Mollisoles en la parte baja y media alta de la subcuenca con 375,63 km² equivalente al 35,67%, ilustrado en la Figura 28.

Tabla 13. Tipos de suelos en la subcuenca Río Mayales

Simbología	Orden taxonómico	Área (km²)	Área (%)
AR	Afloramiento rocoso	2,20	0,21
A	Alfisols	166,04	15,77
H	Ultisols	30,50	2,90
M	Mollisols	375,63	35,67
I	Inceptisols	391,76	37,20
E	Entisols	86,87	8,25
		1 053,00	100,00

En la Figura 28 se puede apreciar la distribución espacial de los tipos de suelos de la subcuenca, donde los inceptisoles, de mayor predominio, se localizan en la parte media en el municipio de Juigalpa y parte alta entre el casco urbano de Comalapa y San Francisco de Cuapa. Seguidamente los más abundantes son los molisoles ubicados en la zona de descarga de la misma y área de recarga hacia el norte.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

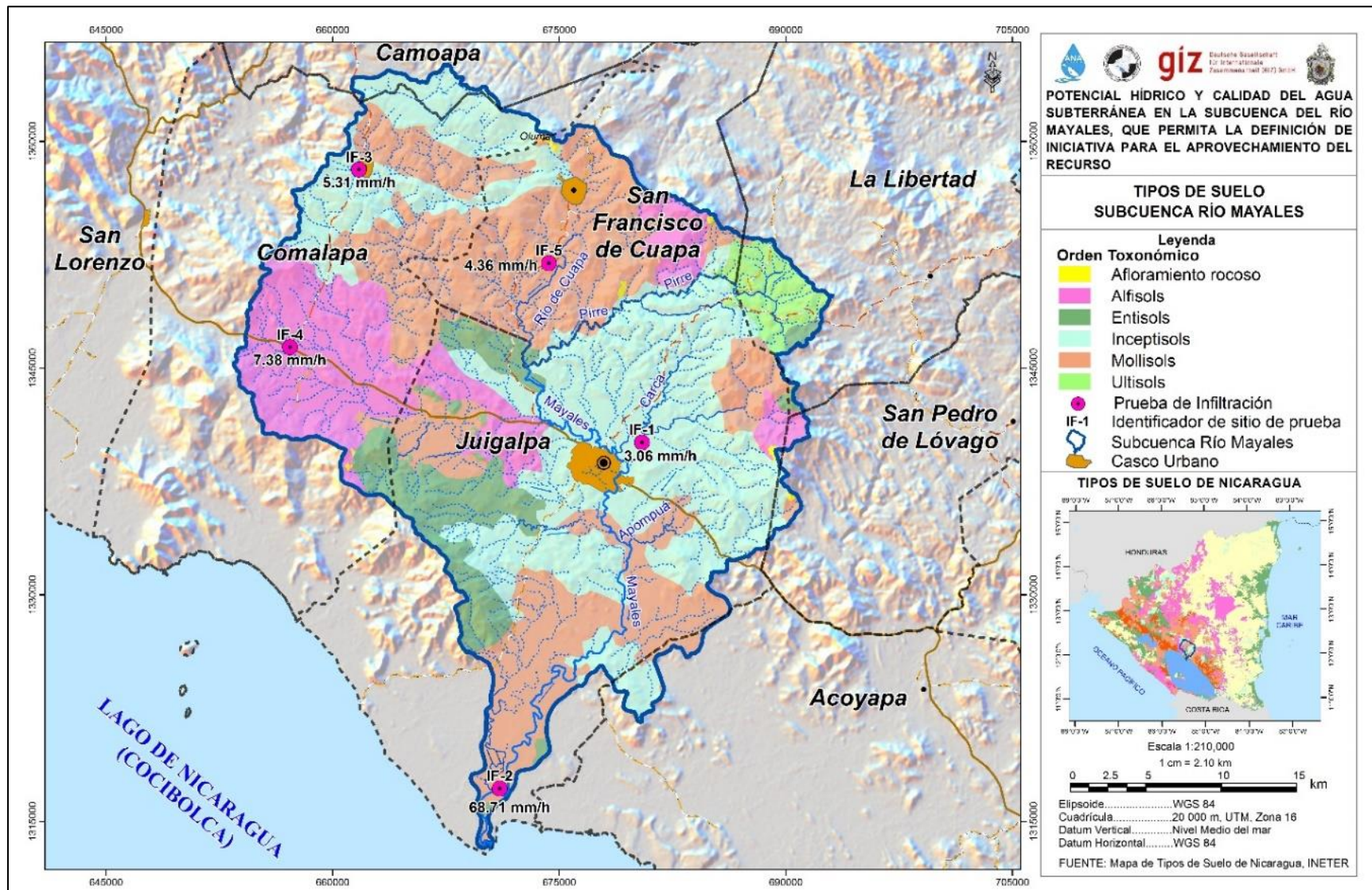


Figura 28. Mapa de tipos de suelos de la subcuenca Río Mayales

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

4.3. Contexto geológico

4.3.1. Geomorfología regional

Actualmente en Nicaragua se identifican cinco unidades o provincias geomorfológicas, estas son las siguientes:

- Planicie costera del pacífico
- Cordillera volcánica del pacífico
- **Depresión nicaragüense**
- **Cordilleras centrales**
- Llanura costera del atlántico

4.3.2. Geomorfología local

Dentro de estas unidades geológicas, la subcuenca del río Mayales se encuentra localizada en menor proporción en la Depresión Nicaragüense, únicamente en la parte baja de la subcuenca y la Planicie Central o Cordilleras Centrales ubicada en la parte alta y media de la misma (Figura 29).

- **Planicie central:**

Esta unidad comprende las cordilleras más elevadas y relieves accidentados a nivel nacional. Alternando los relieves montañosos escapados con los de montañas suaves, colinas y amplias mesetas.

Si se compara con la geología, esta unidad corresponde con la provincia volcánica terciaria, en la cual se constituyen rocas volcánicas formadas por lavas basálticas, andesíticas y dacíticas, ignimbritas, tobas intermedias y ácidas.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

- **Depresión nicaragüense:**

Por su geomorfología constituye un amplio valle de fondo plano, localizado en el contorno del lago Cocibolca. Esta depresión se originó por un hundimiento tectónico de dos sistemas de fallas, la cual forma una estructura en graben desde el período del Pleistoceno. A partir de este suceso, la depresión fue rellenada por sedimentos aluviales y materiales volcánicos.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

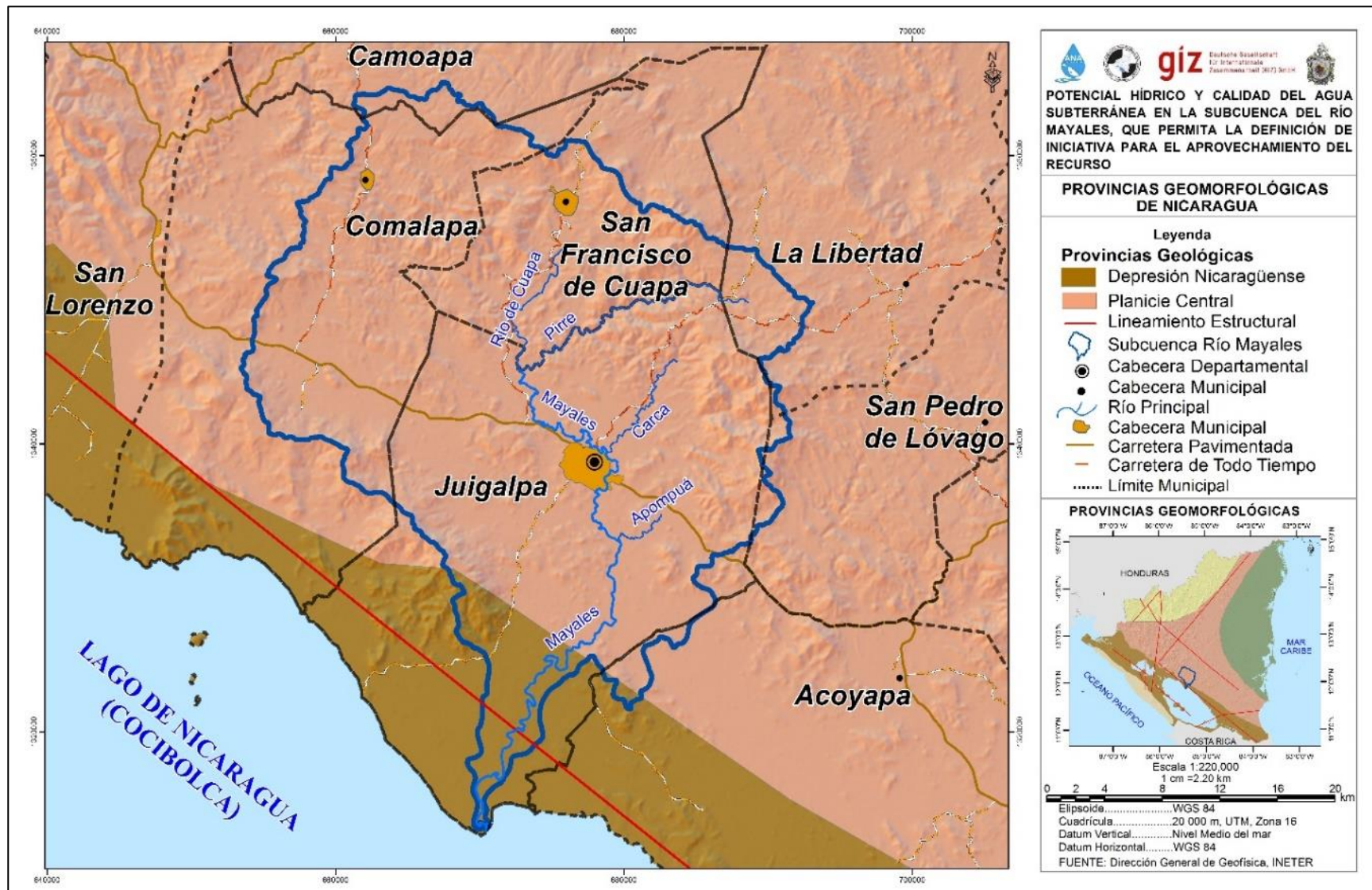


Figura 29. Mapa de provincias geológicas de la subcuenca Río Mayales

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

El relieve de la subcuenca Río Mayales, se caracteriza por una combinación de planicies y mesetas interrumpidas por elevaciones escarpadas como parte de la Serranía de Amerrisque y de las montañas de la Cordillera Chontaleña, apreciado en la Figura 30.

Se definen tres zonas altitudinales: La primera corresponde a las zonas más elevadas, mismas que comprenden 600 m a 800 m. Es una antigua caldera volcánica del Mioceno que se encuentra erosionada y dislocada por las fallas, conservando aún vestigios de la estructura primaria.

La zona media corresponde a la zona transicional entre la planicie y la base de la caldera volcánica, se trata del pie de monte volcánico acumulativo constituido principalmente por depósitos de lava que fueron expulsados por la caldera preexistente. Los depósitos se distribuyen en el área de estudio entre los 610 m a los 400 m. Por último, el piso latitudinal que integra el tercer nivel corresponde a la planicie, entre 370 m a 200 m. Corresponde a una porción mediana de la superficie del área en estudio, esta unidad morfológica es de poca inclinación, ocupa la parte baja del terreno y contiene al cuerpo de agua más importante, el río Mayales.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

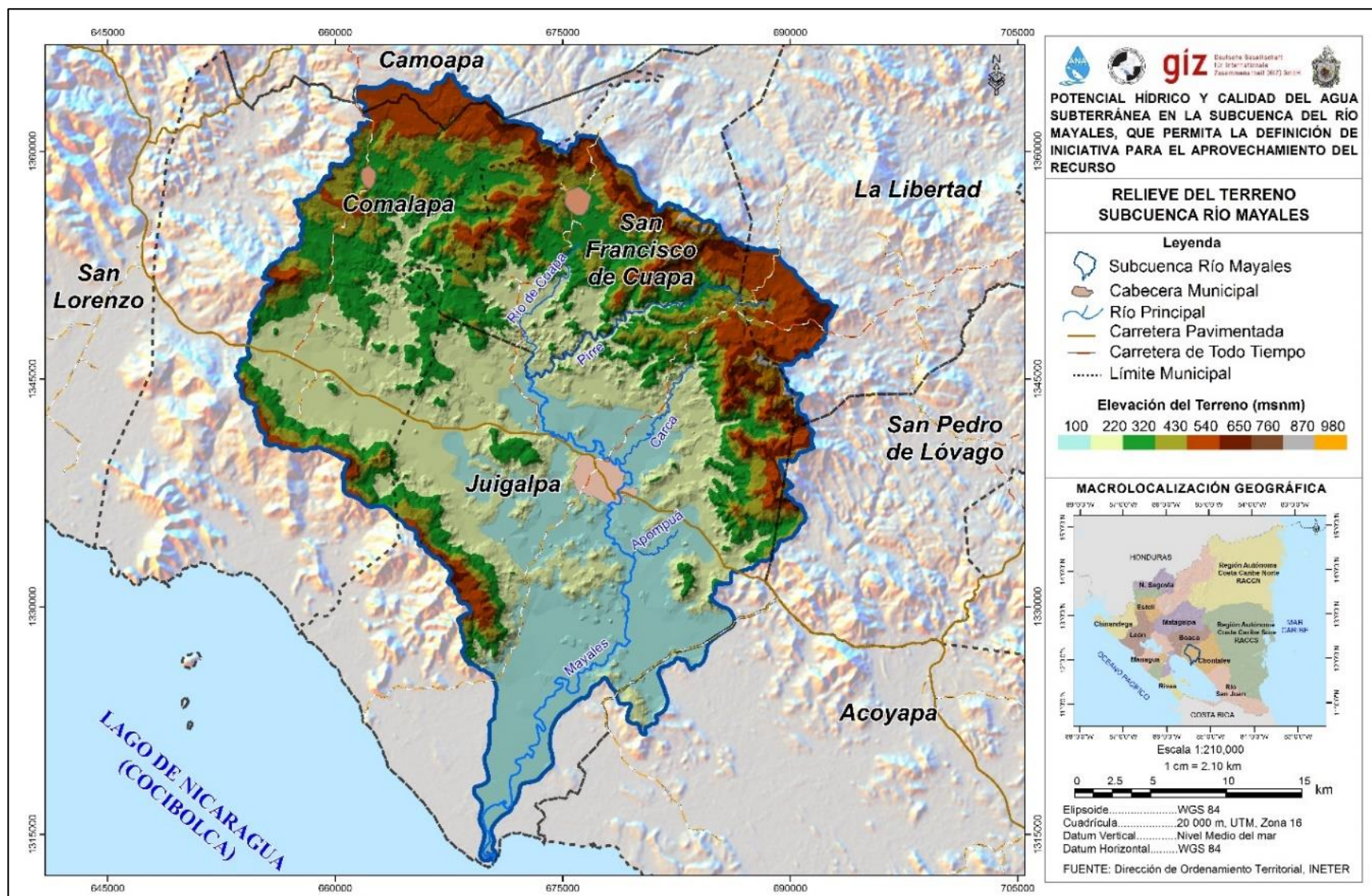


Figura 30. Mapa de relieve del terreno de la subcuenca Río Mayales

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

4.3.3. Geología regional

En el marco de la geología regional, el área de Chontales está conformada por rocas volcánicas Terciarias pertenecientes a los Grupos Coyol y Matagalpa, predominando lavas andesíticas y flujos piroclásticos del tipo ignimbritas (Mioceno-Plioceno). Estas rocas se presentan fuertemente fracturadas y alteradas hidrotermalmente.

4.3.4. Geología Local

En la subcuenca del Río Mayales se encuentran localizadas dos tipos de formaciones geológicas; las cuaternarias y terciarias.

La formación cuaternaria se localiza mayormente en la parte baja de la subcuenca y algunos sitios de la parte media, en dirección Oeste de la Subcuenca. En cambio, la formación terciaria es la que más predomina, localizándose en toda la parte alta, media y en menor proporción parte baja de la subcuenca (ver Figura 31).

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

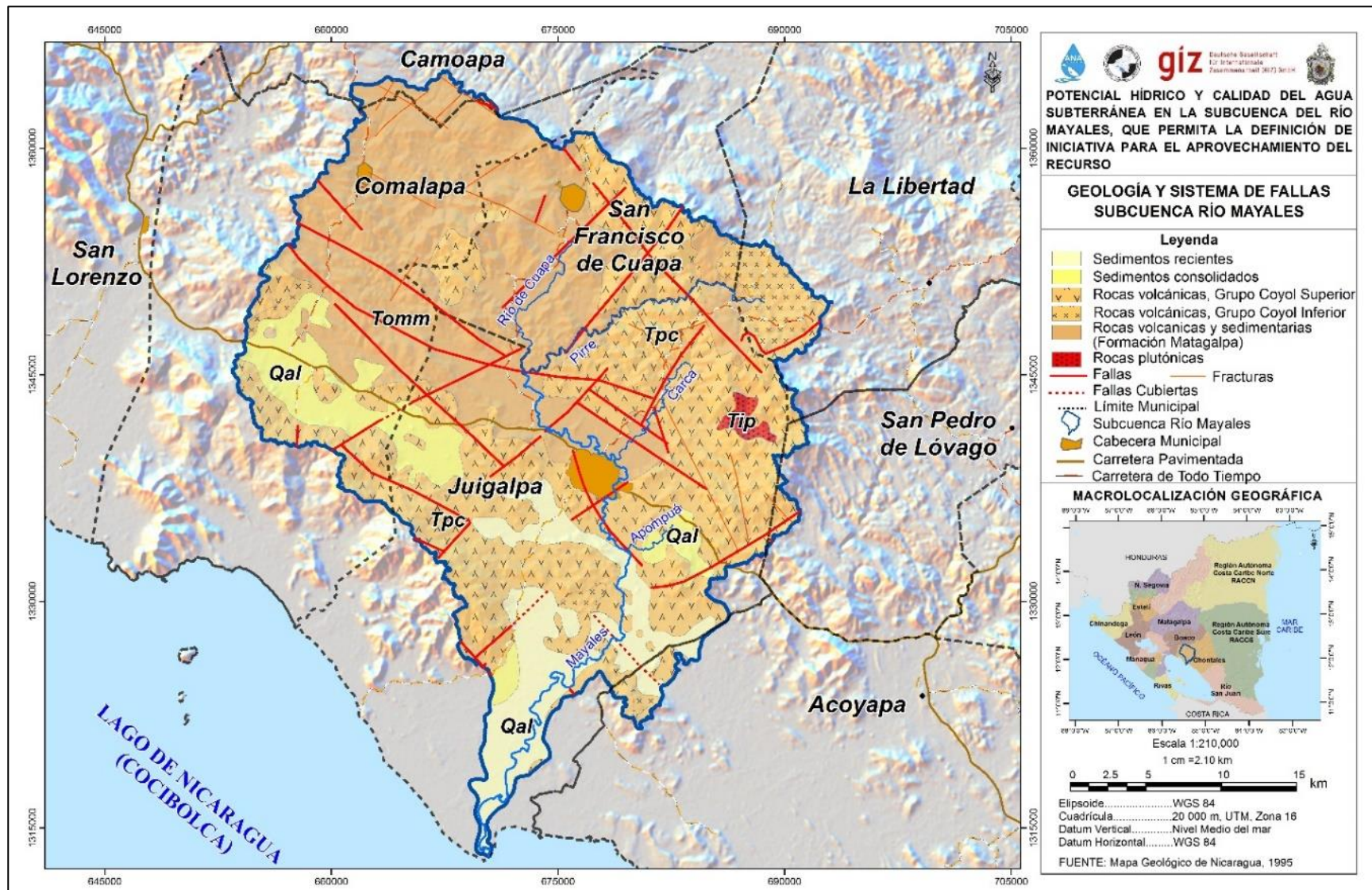


Figura 31. Mapa de geología local de la Subcuenca Mayales

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

- **Formaciones terciarias**

En las formaciones terciarias los acuíferos son discontinuos, porosos, fracturados, con flujos que descargan en pequeños manantiales. Permeabilidad y rendimiento variable de bajos a medios.

Localmente, en la zona de la Cuenca Mayales, afloran rocas del Grupo Coyoil, Rocas de la Unidad Coluvio, así como Ignimbritas de la formación Matagalpa. Las Andesitas se presentan de forma masiva y fuertemente fracturadas, con coloraciones que van del gris al gris oscuro en roca sana y gris verdusco en rocas alteradas. En los materiales volcánicos se observan depósitos de suelos aluviales Cuaternarios. Estos suelos presentan una coloración rojiza en las partes más altas, indicando la zona de oxidación de estos materiales y en la parte inferior estos depósitos presentan una coloración amarillo ocre.

Ignimbritas del Grupo Matagalpa (Tomm)

Este Grupo se conforma por Ignimbritas con espesores hasta de 600 m (McBirney y Williams) como producto del vulcanismo de flujos piroclásticos ocurridos en la era Terciaria. Estos depósitos piroclásticos son de composición andesítica y dacítica y presentan colores de gris a rosado. También se presentan Tobas Brechadas de composición riolítica de color rosado.



Figura 32. Dacita en afloramiento



Figura 33. Ignimbrita en lecho del río

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

Rocas Volcánicas del Grupo Coyol

Estas rocas están representadas por materiales volcánicos básicos calcialcalinos y dacíticos ácidos provenientes de erupciones centrales freatomagmáticas y de materiales félsicos originados por erupciones fisurales. Estos materiales sobreyacen a los del Grupo Matagalpa.

La unidad de andesitas predomina en toda el área de estudio; cubre la mayor proporción del área y se expresa en forma de cerros alargados, cerros bajos erosionados y cerros cónicos elevados. La roca se encuentra en su mayoría como bloques y flujos lávicos. Esta unidad forma parte del Grupo Coyol Inferior, de edad Mioceno (McBirney y Williams, 1965).



Figura 34. Andesita con fracturamiento



Figura 35. Basalto fracturado.

Los depósitos de rocas se observan masivos aflorando en las laderas de los cerros o constituyendo los cerros completamente, en algunas ocasiones se presenta en forma de bloques y como material coluvial al pie de las montañas a consecuencia del fracturamiento intenso en la roca, la gravedad y la erosión de las paredes verticales de las montañas que constituyen las mayores elevaciones de 700 msnm y 800 msnm. En ocasiones, las fracturas y diaclasas de las rocas andesitas se encuentran rellenas con vetillas de cuarzo. Su compactidad varía de acuerdo al grado de meteorización y alteración que le han afectado.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

Los suelos presentan espesores variables de 0,5 m hasta 80 m observables en cortes de carreteras y caminos. En los suelos hay un predominio de textura arcillosa-limosa a completamente arcillosa, en colores rojizos, anaranjado - rojizo, amarillento, amarillo - rojizo, café, violácea, blancuzca a blanco. Algunos horizontes de estos suelos presentan roca andesítica con una alteración esferoidal o de cebolla por meteorización en una matriz arcillosa.

- **Formaciones cuaternarias**

Dentro de la subcuenca Mayales, las formaciones cuaternarias representan los acuíferos porosos de permeabilidad, espesor y transmisividad variable entre baja y alta. Constituyen los principales acuíferos de la región.

Unidad Coluvio – Aluvial

Estos materiales son visibles en la parte central del área de estudio, formando terrazas aluviales en las que se observan cantos redondeados a sub-angulosos de andesitas, los que quedan inmersos en una matriz arcillosa que presenta diferentes tonalidades debido a los fluidos mineralizados que afectan la roca, y a la alteración de las rocas. Las terrazas aluviales en la cuenca presentan espesores de 2 m a 6 m, con un ancho mayor a los 20 m.

El material aluvial es visible en las vertientes principales y quebradas en la zona de estudio, agrupando a materiales removidos desde las partes altas y transportados a las zonas planas que se observan en algunos sectores del río principal y quebradas.

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**



Figura 36. Aluvial en la parte media de la subcuenca



Figura 37. Residual en la parte media de la subcuenca

4.3.5. Sistema geoestructural del área

Estructuralmente el área de estudio está controlada por tres patrones de fallas y fracturas bien definidas. El primer patrón de estructuras presenta una dirección preferencial NW-SE, el segundo con una dirección NE-SW y un tercer patrón de dirección E-W. Esto indica que existe una deformación estructural en sentido horario a las manecillas del reloj, formando ejes de compresión que varían desde el N hasta el E. Esta variación en el eje de compresión hacia el E muestra que la mayor tasa de deformación se concentra en dirección E-W.

El patrón de falla NE-SW se observa con mayor intensidad en la parte norte central del área de estudio y tiene una dirección preferencial N10E y buzamiento hacia el SE. Geométricamente se caracteriza por un paralelismo bien definido que corta a la estructura del Río Mayales. La cinemática de este patrón de fallas es del tipo lateral derecho con una componente vertical en menor escala.

Existe otro patrón de falla, con una dirección preferencial N-W y buzamiento al S-W. Estas fallas cortan directamente a las volcánicas, así como los suelos residuales del sitio. Geométricamente se comportan de forma paralela. La cinemática de este patrón es de movimiento lateral derecho con una componente vertical formando

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

estructuras escalonadas hacia el sur, que posteriormente fueron cortadas por fracturas secundarias de menor escala.

4.4. Hidrología

Los aforos realizados representan un dato puntual de caudal en los ríos y tributarios, tanto en el tiempo como el espacio. En este se encontraron caudales de 105,74 Mm³/año en el río Cuisala, aguas arriba de la intersección con el río Mayales, entre la parte media y baja de la subcuenca. Los valores más bajos se localizaron en la quebrada Las Cuacas y río Apompuá, observándose en la Tabla 14.

Tabla 14. Aforos en ríos principales y tributarios en subcuenca Río Mayales

ID	Sitio	Este	Norte	Q (m ³ /s)	Q (Mm ³ /año)
Af-1	La Carca	679651	1340588	0,93	29,17
Af-2	Mayales (puente panmuca)	677988	1339849	1,92	60,55
Af-3	Las Cuacas	661865	1343213	0,58	18,26
Af-4	Cuisala (el Ilanito)	662073	1343427	1,1	34,55
Af-5	Cuisala	677079	1334580	3,35	105,74
Af-6	Cuapa	672646	1345479	0,73	22,88
Af-7	Pirre	672849	1345084	1,49	47,11
Af-8	Apompuá	679642	1333505	0,61	19,36

El siguiente mapa presenta la distribución de los sitios de aforos, en el cual, los volúmenes bajos de escurrimiento superficial se dan en los tributarios que convergen al Río Mayales, a medida que se acerca a la parte baja o zona de descarga, tienden a incrementar.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

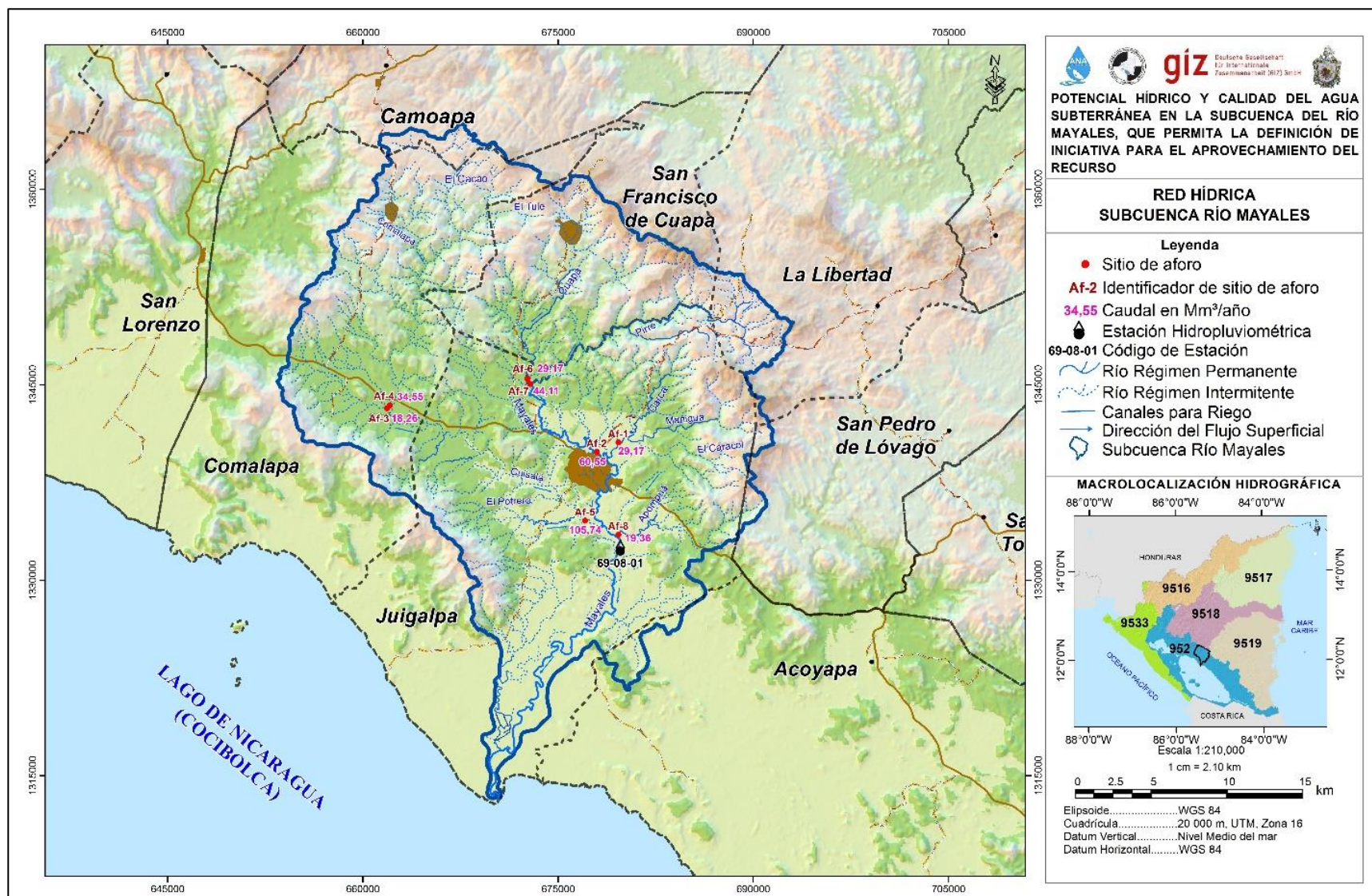


Figura 38. Mapa de sitios de aforo en subcuenca Río Mayales

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

Cabe destacar que no fue posible la realización de aforo en la parte baja de la subcuenca o zona de descarga, debido a la nulidad del flujo en toda la sección del río. Desde la estación hidroluviométrica monitoreada por INETER hasta la salida del Río Mayales, desembocadura en el lago Cocibolca, se forma un remanso en este trayecto producto del arrastre de sedimentos en época lluviosa, el cual es depositado y permanece estable en la época seca.

El río Mayales presenta un comportamiento de caudales muy variado durante todo el año. El flujo superficial escurre con mayor caudal en los meses de septiembre y octubre, tiempo de finalización de la época lluviosa, estos están comprendidos entre 59,21 Mm³ y 60,16 Mm³ respectivamente.

Tabla 15. Caudales medios del Río Mayales

Caudal / Mes	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Total
Q (m ³ /seg)	10,56	3,00	1,45	0,92	0,72	0,64	1,07	9,44	8,47	15,88	22,84	22,46	97,47
Q (Mm ³ /año)	27,37	8,03	3,89	2,23	1,94	1,67	2,88	24,46	22,70	42,53	59,21	60,16	257,06

Q: caudal

A partir de la red hidroluviométrica, los caudales presentan un comportamiento ascendente en la época lluviosa, incrementándose a partir de junio con 24,46 Mm³ hasta llegar al máximo de 60,16 Mm³ en octubre, a como se aprecia en el Gráfico 6.

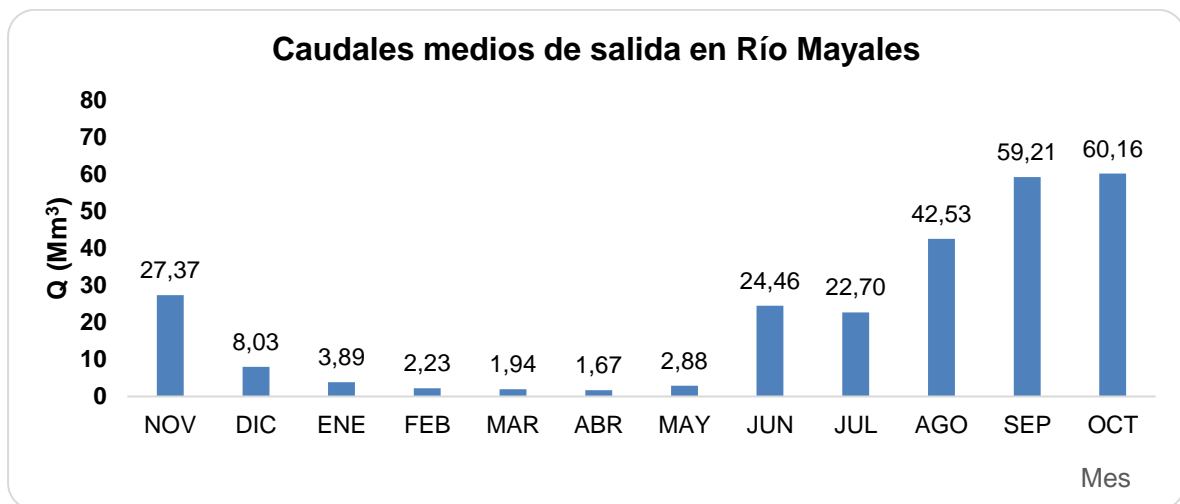


Gráfico 6. Caudales medios de salida en Río Mayales

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

4.5. Hidrogeología

4.5.1. Medio hidrogeológico

La hidrogeología en zonas elevadas sobreyacen los depósitos de lavas félsicas, breccias piroclásticas, andesitas basálticas, andesitas dacíticas, ignimbritas y riolita bien fracturada, tobas y sedimentos tobáceos, en cambio, las zonas medias y bajas se localizan depósitos constituidos de materiales clásticos que se encuentran rellenando las depresiones.

Los aluvio coluvial corresponden a suelos y depósitos aluviales y coluviales del Cuaternario. Estos se localizan en la parte media y baja de la subcuenca, constituidos por partículas gruesas de grava, arena y suelos arcilloso-arenosos, conformando los acuíferos libres. En cambio, la hidrogeología fracturada se conforma de rocas consolidadas que se localizan en toda la extensión de la cuenca, en donde, el agua subterránea circula a través de fisuras. La permeabilidad en este medio es baja, lo que hace a los acuíferos de bajo rendimiento.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

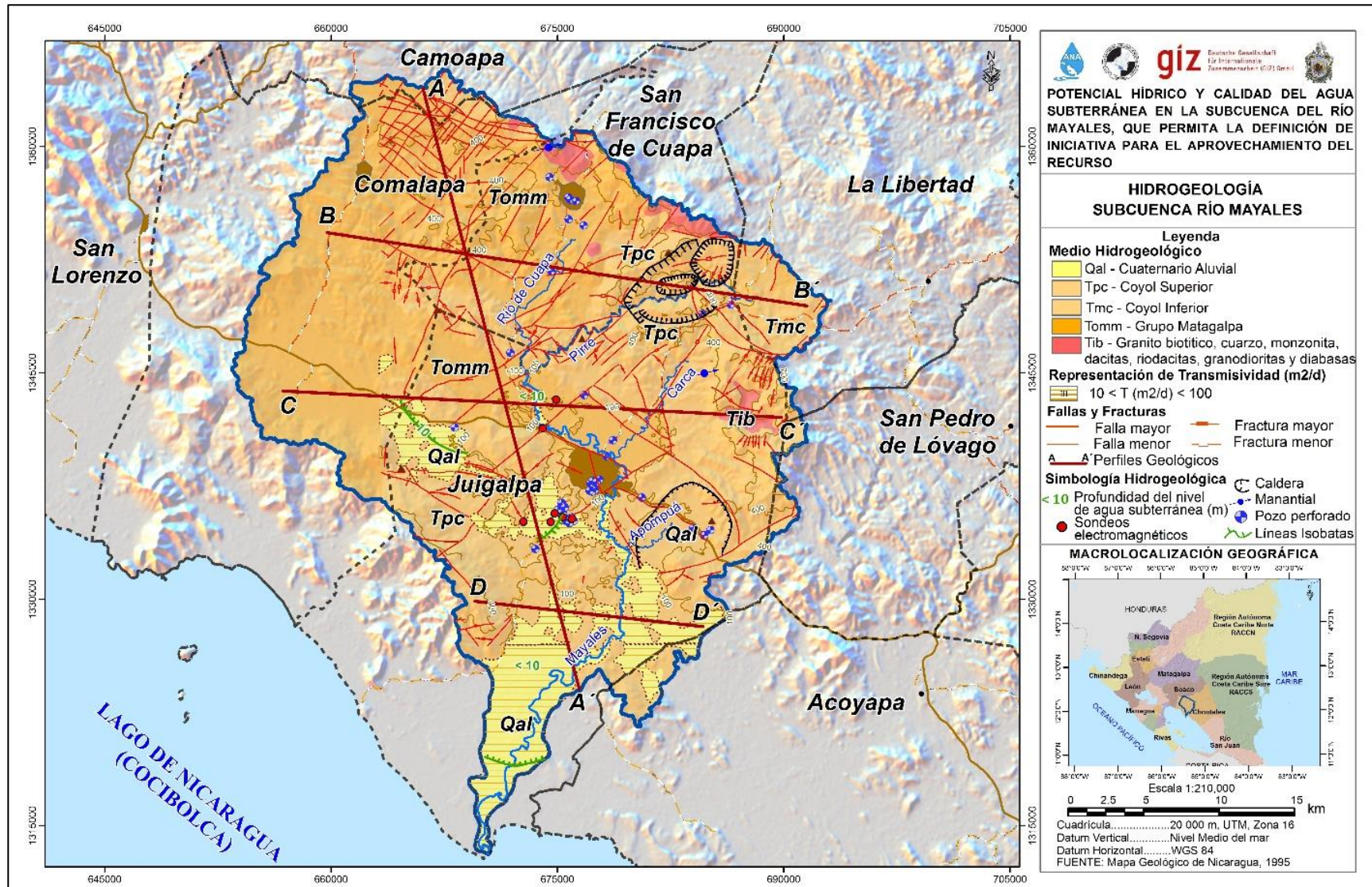
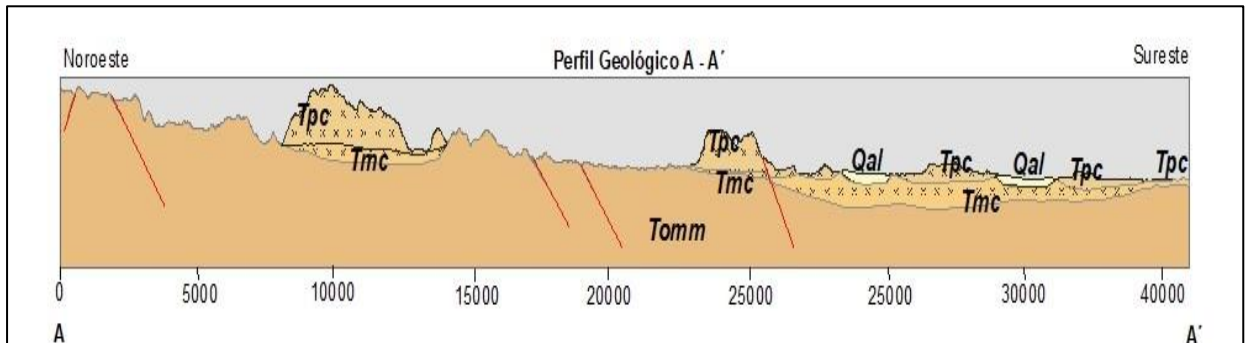


Figura 39. Mapa de hidrogeología de la subcuenca Río Mayales

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

El perfil A-A' trasado verticalmente en el centro de la subcuenca, se constituye de rocas terciarias principalmente del grupo Matagalpa, en el cual se sobreponen la formación coyol y en pequeñas áreas los depósitos cuaternarios. Estas formaciones son atravesadas por fallas con dirección noroeste hacia el sureste.

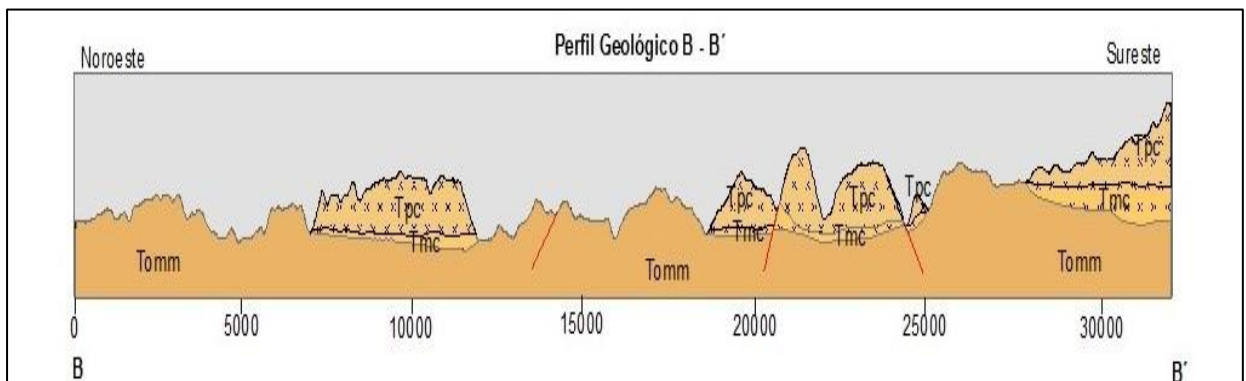
Perfil geológico A-A'



Fuente: elaboración propia a partir de mapa geológico

El perfil B-B' se trazó horizontalmente en la parte alta de la subcuenca con dirección noroeste – sureste. En esta sección predominan las rocas terciarias del grupo Matagalpa, sobreponiendo hacia el sureste el grupo coyol. Asimismo, se encuentran atravesadas por un sistema de fallas que los cortan entre sí.

Perfil geológico B-B'

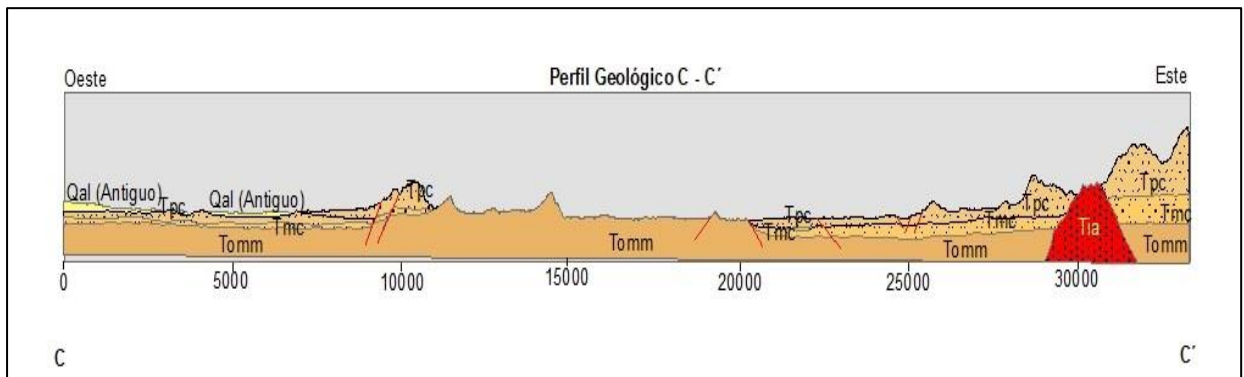


Fuente: elaboración propia a partir de mapa geológico

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

El perfil C-C' fue trazado en dirección oeste – este, representando en el oeste pequeños depósitos cuaternarios con distancia aproximada de 6000 m, sin embargo, en la parte central se presentan las formaciones Matagalpa, seguidas del grupo coyol hacia el este de la subcuenca. En este punto aflora una roca intrusiva con longitud promedio de 1000 m.

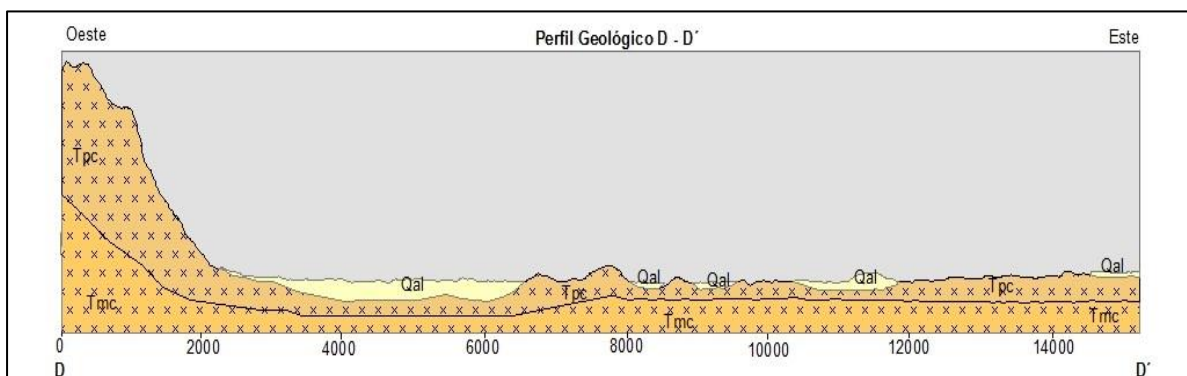
Perfil geológico C-C'



Fuente: elaboración propia a partir de mapa geológico

En la parte baja de la subcuenca se trazó el perfil D-D' con dirección oeste – este, representando una secuencia intercalada de formaciones terciarias con cuaternarias, en la cual, predomina superficialmente los aluviales por deposición de las rocas más antiguas.

Perfil geológico D-D'



Fuente: elaboración propia a partir de mapa geológico

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

4.5.2. Inventario de Pozos

Se inventariaron 86 pozos, de los cuales 66 son perforados y 20 excavados, siendo estos de carácter comunitario, privados, propiedad de ENACAL y escuelas públicas, distribuidos principalmente en la parte alta y media de la subcuenca. Todo estos son utilizados para el consumo humano.

La mayoría están equipados con bombas de mecate, encontrándose deteriorados, con alto grado de corrosión en su estructura metálica, en algunos casos no se encuentran funcionando, ya que ninguno de los pobladores se hace responsable del mantenimiento, esto lo podemos apreciar en las Figuras 40 y 41. Por ser pozos comunitarios y de vieja data, se desconoce cierta información, como son los perfiles estratigráficos y diseño de construcción, así como el consumo exacto en cada uno de ellos.

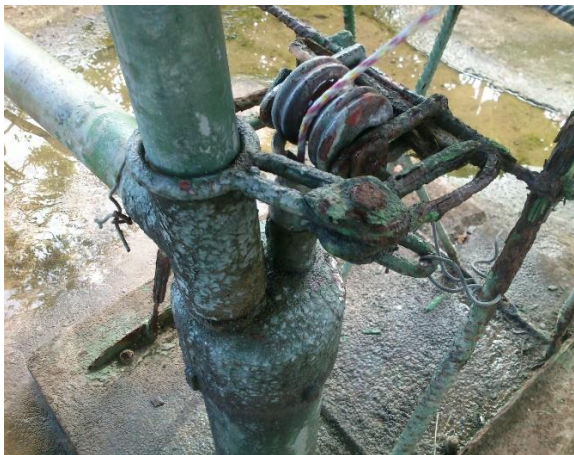


Figura 40. Corrosión en estructura metálica del pozo



Figura 41. Pozo abandonado por problemas mecánicos de la bomba

Según las mediciones realizadas, los niveles estáticos oscilan entre 0,45 m como mínimo, 18,72 m como máximo y 7,54 m como nivel promedio, expresando acuíferos someros en la subcuenca.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

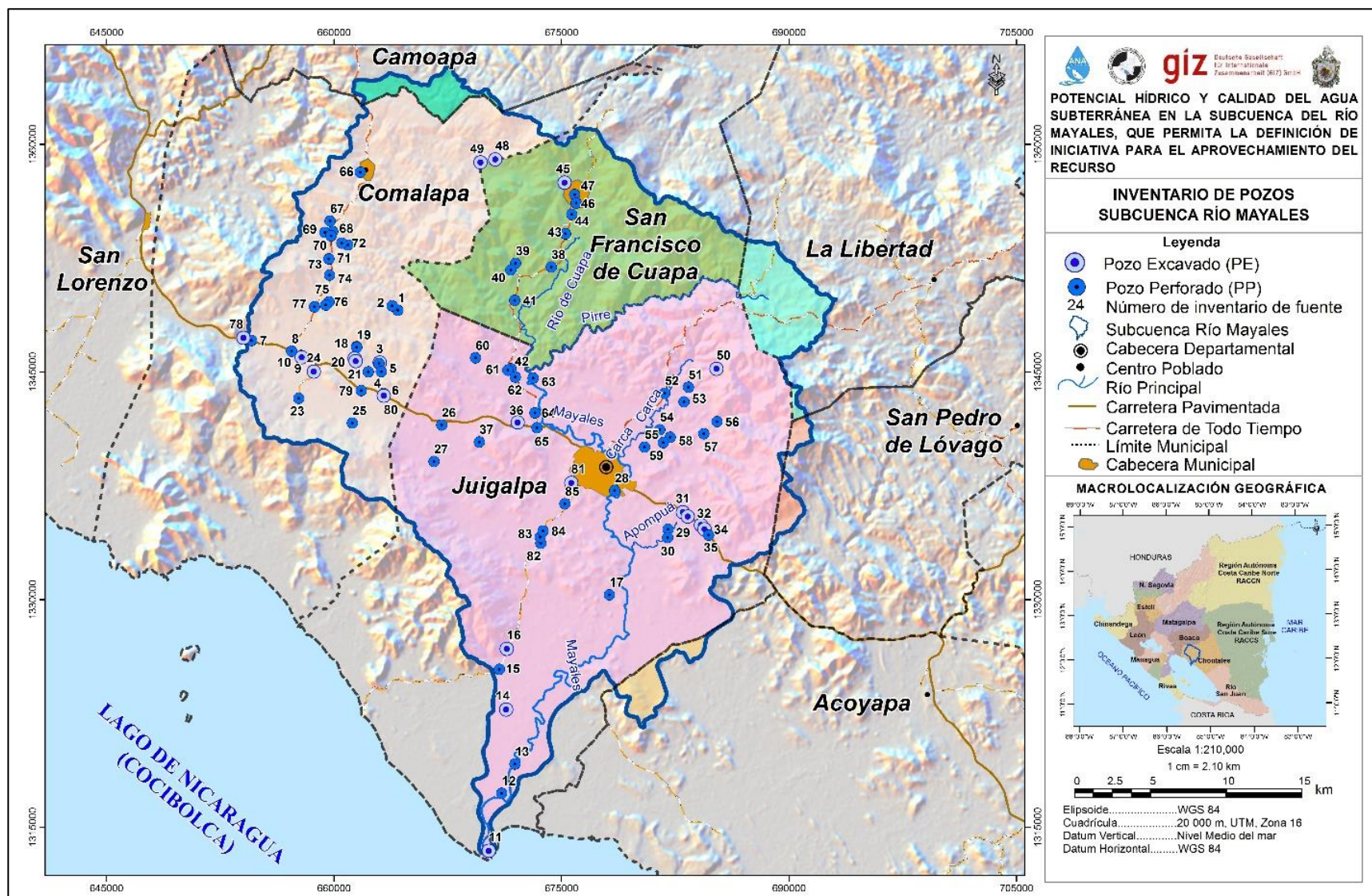


Figura 42. Mapa de inventario de pozos en subcuenca Río Mayales

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO



Figura 43. Medición de niveles de agua subterránea



Figura 44. Pozo comunitario

4.5.3. Hidrodinámica de las aguas subterráneas

De acuerdo con las mediciones de campo en los pozos, se encontró que las profundidades del agua subterráneas son someras con respecto al nivel del terreno. Las mínimas son de 0,45 m y 0,85 m localizadas en la parte media en el municipio de Juigalpa, en cambio las máximas se ubican en la parte alta en San Francisco de Cuapa con 18,13 m, al igual que en la parte media en Juigalpa con 18,72 m, con promedios de 8,10 m respectivamente, ilustrado en tabla de anexo.

Tabla 16. Valores mínimos, medios y máximos de NEA

	Valores NEA
MEDIO	8,10
MAX	18,72
MIN	0,46
VAR	34,07
DESV	5,84

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

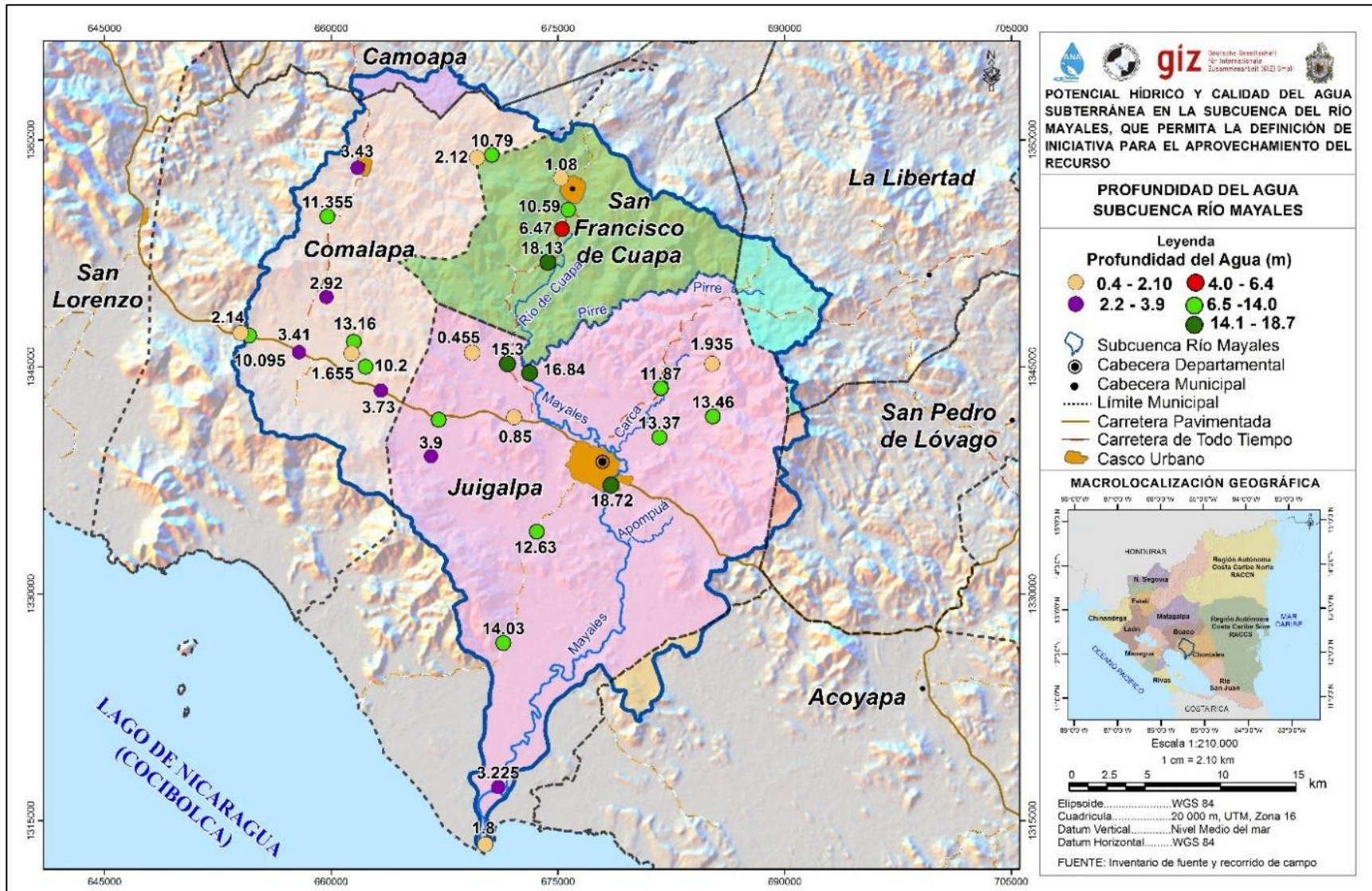


Figura 45. Niveles estáticos del agua en subcuenca Río Mayales

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

4.5.4. Características hidráulicas

Las transmisividades en la subcuenca predominan en rango de los 2,35 m²/d en la parte media (casco urbano de Juigalpa) hasta los 356 m²/d hacia el sur de la misma zona, lo cual se puede apreciar en la Tabla 17. Estos valores son indicativos de acuíferos pocos productivos, donde la capacidad que poseen para transmitir el agua es muy baja.

La conductividad hidráulica es otro factor importante en los acuíferos. Sin embargo, en la subcuenca Río Mayales, estas son muy bajas con valores entre 0,08 m/d en el casco urbano de Juigalpa hasta 10,5 m/d hacia el suroeste del mismo. Lo cual confirma la baja productividad de agua que poseen los acuíferos para transmitir el agua.

Tabla 17. Parámetros hidráulicos de la subcuenca Río Mayales

ID	Prof. (m)	b (m)	Q (m ³ /hr)	s (m)	q (m ³ /hr/m)	T (m ² /d)	K (m/d)
F-1-94	91,4	86,8	34,07	12,1	2,82	89	1,03
A-1-80	60,37	52,13	45,42	5,38	8,45	356	6,83
A-4-87	45,73	30,49	68,13	nd	nd	2,35	0,08
I-3*	58,2	55,6	7,95	19	0,42	nd	nd
I-3**	19,82	17,07	12,49	1,86	6,72	nd	nd
65	61	53,9	1,1	7	0,16	6	0,1
64	61	51,8	13,6	9,1	1,49	56	1,1
26	47,5	34,2	40,4	4,2	9,62	360	10,5
40	41,1	37,2	11,4	4,4	2,59	16	0,4
PB-1	nd	nd	5,58	1,81	3,08	51,05	nd
PB-2	nd	nd	5,65	2,84	1,99	35,45	nd

Fuente: ENACAL e INETER (2010). nd: no hay datos

De acuerdo con la relación entre la transmisividad y la conductividad hidráulica presentado en el Gráfico 7, la mayoría de los pozos no son capaces de transmitir grandes volúmenes de agua. Tal es el caso del pozo A-4-87 ubicado en Juigalpa, cuyos valores son de T=2,35 m²/d y K=0,08 m/d. Contrario a los pozos A-1-80 y 65, en donde sus valores demuestran que existen mayor productividad.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

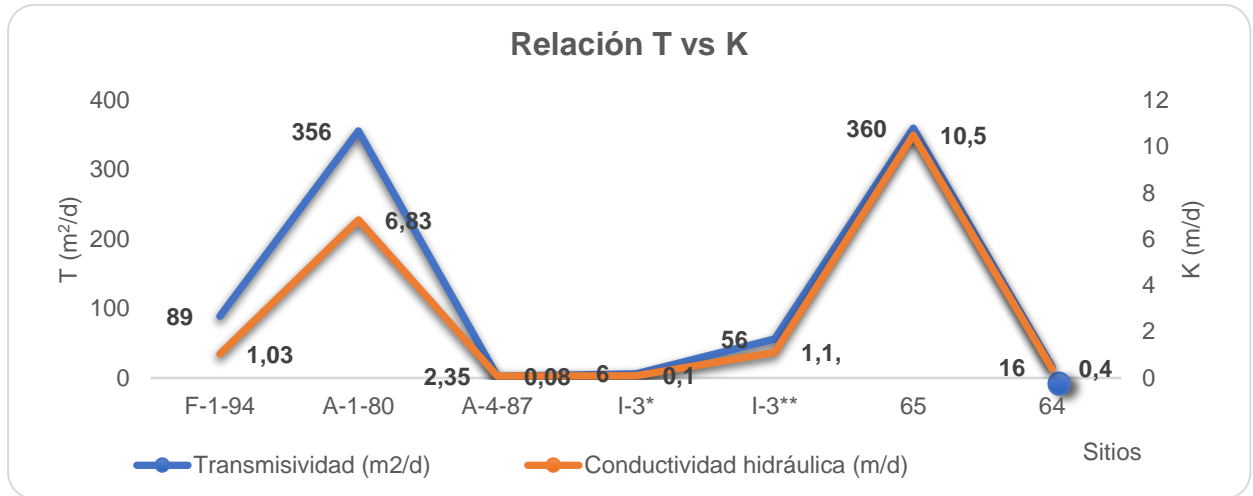


Gráfico 7. Relación de transmisividad con la conductividad hidráulica

Respecto a la relación de la transmisividad con la profundidad total de los pozos, la cual se observa en el Gráfico 8, se puede interpretar que no existe una relación directa entre ambas, lo que indica la presencia de acuíferos discontinuos a través de fallas o fracturas, haciéndolos diferentes uno del otro.

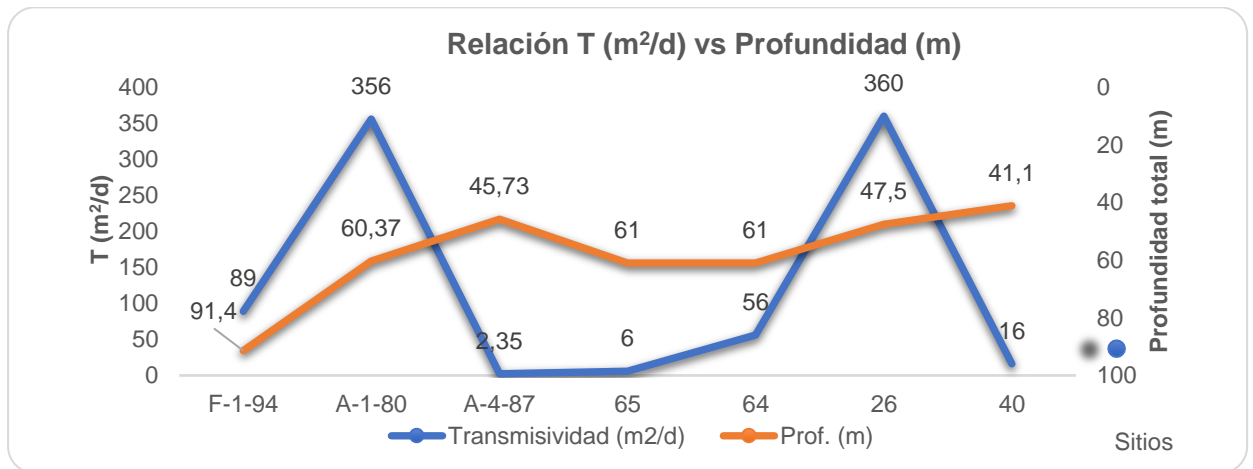


Gráfico 8. Relación de transmisividad con la profundidad total del pozo

En la Figura 46 se ubican las pruebas de bombeo, donde los pozos cercanos poseen grandes diferencias de transmisividades, tal es el caso del pozo F-1-94 con 89 m²/d y el A-1-80 con 356 m²/d. Probablemente obedeciendo a dos acuíferos diferentes o influencia de fracturamiento en la zona, lo cual los hace independientes.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

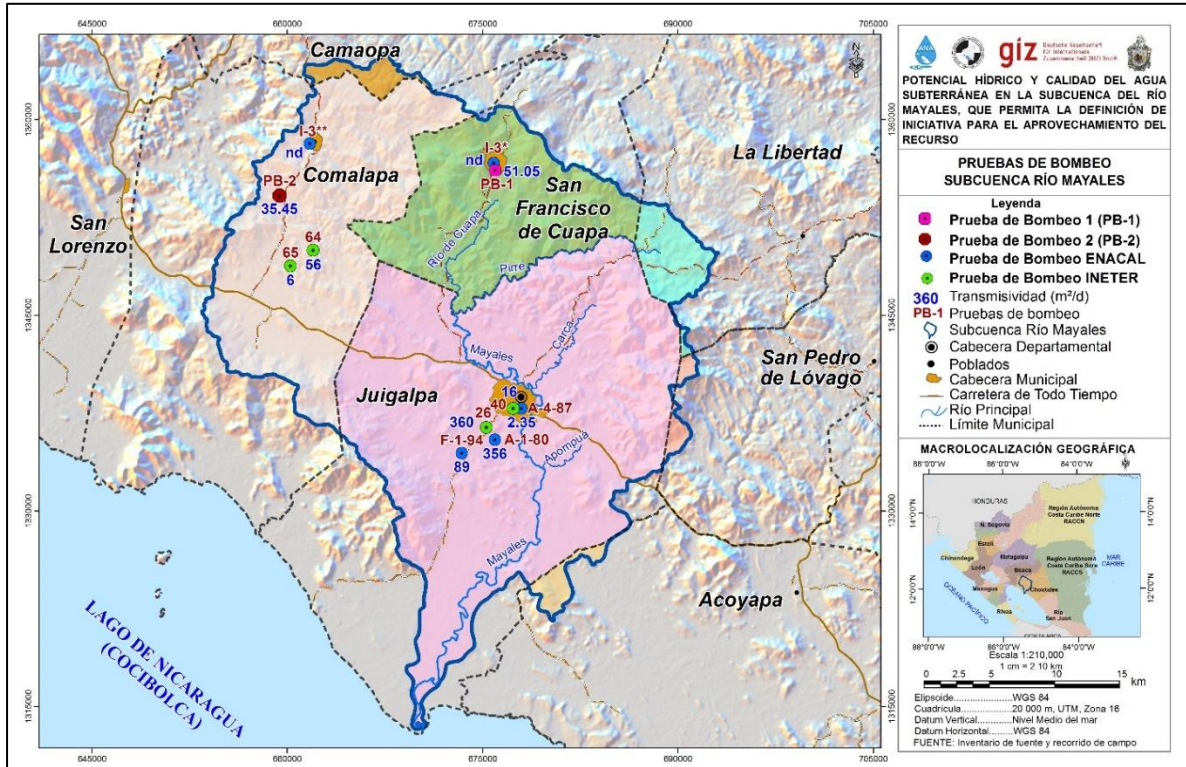


Figura 46. Mapa de ubicación de pozos de pruebas de bombeo

4.6. Aprovechamiento del recurso

En la subcuenca Río Mayales se pueden determinar 4 tipos de usos, contenidos en: consumo humano, agrícola, industrial y pecuario.

Las mayores extracciones se dan en la parte baja y media, en el riego agrícola con 34,23 Mm³/año. El uso industrial es mínimo, enfocado principalmente en las pequeñas plantas procesadoras de lácteos y curtiembres con 0,45 Mm³/año. Asimismo, la crianza de animales de ganado bovino se realiza de manera extensiva, por lo cual, no se registra un volumen de aprovechamiento. Se estimó un valor de 2,23 Mm³/año a partir de los grandes productores, sin embargo, los que predominan son los pequeños, todos ellos distribuidos en la parte alta y media de la subcuenca, sin embargo no se contabiliza el volumen de extracción, ya que el ganado abreva libremente a los cuerpos de agua superficiales. Se puede ilustrar en la Tabla 18.

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

En el caso del consumo humano, se realizó una distribución a nivel urbano y rural. En el primero, con datos proporcionados por ENACAL y el segundo administrado por las tres alcaldías, con un volumen total de 8,28 Mm³/año. Los mayores volúmenes de aprovechamiento se dan en el casco urbano de Juigalpa, sin embargo, el agua distribuida proviene del lago Cocibolca, por lo cual se presenta de manera ilustrativa y utilizada para el cálculo de la recarga por retorno por fugas, pero no será considerada como parte de las extracciones en el balance hídrico por extraerla de una fuente externa a la subcuenca.

Tabla 18. Consumo de agua por diferentes usos en subcuenca Río Mayales

Sitio	Extracción (m³/año)	Extracción (Mm³/año)
Consumo humano		
Juigalpa urbano (lago)	7 446 000	7,45
Juigalpa rural	400 000	0,40
Comalapa urbano	163 812	0,16
Comalapa rural	110 000	0,11
Cuapa urbano	115 369,2	0,12
Cuapa rural	40 000	0,04
Sub total	8 275 181,20	8,28
Agrícola	34 230 000	34,23
Industrial	450 000	0,45
Pecuario	2 230 000	2,23
Total	45 185 181,20	45,19

El comportamiento de los diferentes usos demuestra que las extracciones agrícolas predominan con una demanda de 34,23 Mm³/año, esto se debe a la siembra de arroz en la parte baja de la subcuenca. En el caso del consumo humano, las extracciones se estiman en 8,28 Mm³/año, siendo un dato que no representa el consumo real de toda la subcuenca por la falta de información de pozos

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

comunitarios que no cuentan con registros. Todo esto se puede apreciar en el Gráfico 9.

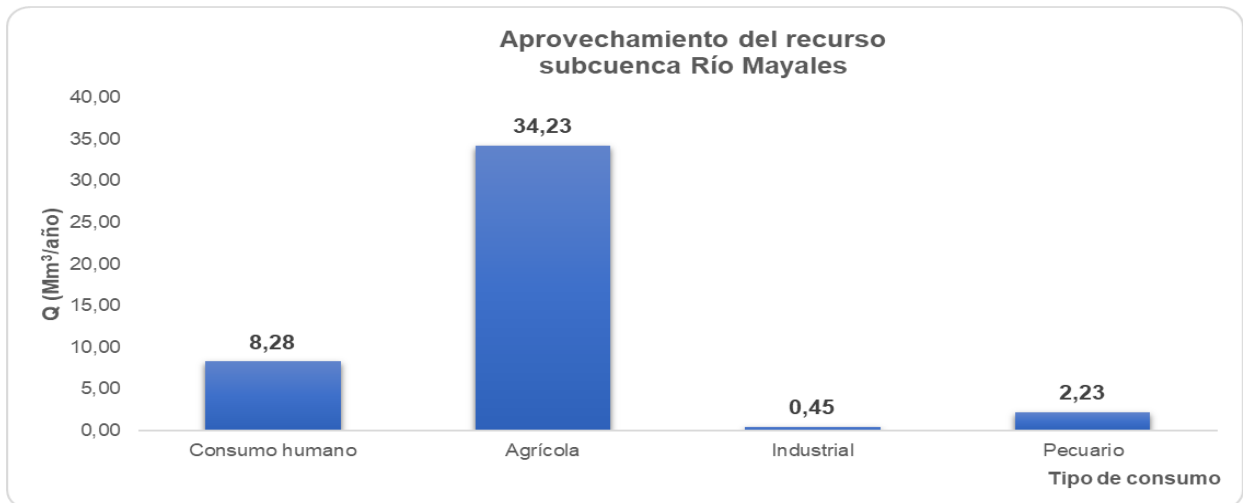


Gráfico 9. Aprovechamiento del recurso de la subcuenca

4.7. Recarga de los acuíferos

4.7.1. Recarga potencial

La recarga de los acuíferos puede ser calculada ya sea por la medición directa de la recarga (pruebas de infiltración, evapotranspiración utilizando lisímetros, análisis de variación del nivel estático entre otros), por cálculo del flujo a través del acuífero o por la determinación del caudal que sale del acuífero. En este caso, se calculará a través del método geológico.

De acuerdo con éste, se puede decir que la subcuenca Río Mayales presenta una recarga de 109,21 Mm³/año. Esto se puede apreciar en la Tabla 19. Las mayores recargas se presentan en los depósitos cuaternarios, abarcando un 16% del área de estudio y ubicada en la zona baja y áreas intermedias. Las formaciones terciarias del grupo coyol se determinó en 38,40 Mm³/año por comprender el 46% del territorio, a como se aprecia en la Tabla 19.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

Los depósitos cuaternarios contemplan las mayores recargas en la subcuenca, por estar conformados por materiales permeables propicios para el almacenamiento y distribución del agua subterránea.

Tabla 19. Recarga potencial de la subcuenca Río Mayales

Unidad geológica	Coef. (%)	Área (Km ²)	Área (%)	PP (mm)	Recarga (Mm ³ /año)
Depósitos cuaternarios (Qal)	15	168,56	16	1573,65	39,79
Grupo Matagalpa (Tomm)	5	391	37		30,76
Grupo Coyol (Tpc)	5	487,99	46		38,40
Intrusivas (Tip)	3	5,45	1		0,26
Total		1 053	100		109,21

Coef.: coeficiente de recarga, PP: precipitación

La subcuenca se encuentra constituida mayoritariamente por rocas terciarias del grupo Coyol y Matagalpa, las cuales representan las mayores zonas de recarga en toda el área de estudio por poseer una mayor extensión territorial, en cambio en la parte baja y parcialmente en la media, constituida por depósitos cuaternarios, la recarga asciende a un 36% del total calculado.

4.7.2. Recarga por retorno

Se estimo la recarga por retorno a través de las fugas del sistema de distribución del consumo humano y el riego agrícola. Estas dos son consideradas como parte de las variables de entradas al sistema en el balance hidrogeológico.

Según la NTON 09 003-99 “Norma técnica para el diseño de abastecimiento y potabilización de agua”, en todo sistema de distribución de agua potable se considera un 20% por pérdidas ocasionadas por ruptura de tubería.

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

A través de este coeficiente se determinó una recarga de retorno al sistema acuífero de 1,66 Mm³/año, ilustrado en la Tabla 20. Las mayores pérdidas en el sistema se presentan en el casco urbano de Juigalpa, donde la población es abastecida con agua potable extraída del lago Cocibolca y potabilizada por ENACAL.

Tabla 20. Retorno por fugas en el sistema, consumo humano

Sitio	Extracción (m³/año)	Coef. (%)	Retorno por fugas (m³/año)	Retorno por fugas (Mm³/año)
Juigalpa urbano (lago)	7 446 000	20	1 489 200	1,489
Juigalpa rural	400 000	20	80 000	0,080
Comalapa urbano	163 812	20	32 762,4	0,033
Comalapa rural	110 000	20	22 000	0,022
Cuapa urbano	115 369,2	20	23 073,84	0,023
Cuapa rural	40 000	20	8000	0,008
Total	8 275 181,20		1655036,24	1,66

Coef: coeficiente de perdidas

En el caso del retorno por riego, el coeficiente fue tomado del “Diseño de métodos de riego” publicado por la FAO, estableciendo un 20% de perdidas por riego de aspersión. A partir de este, se estimó un retorno por riego al sistema acuífero de 6,85 Mm³/año, el cual será parte del ingreso al acuífero, representado en la Tabla 21.

Tabla 21. Recarga por retorno de riego

Actividad	Coef. (%)	Retorno por riego (m³/año)	Retorno por riego (Mm³/año)
Agrícola	20	6 846 000	6,85

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

4.8. Balance hidrogeológico

Al realizar el balance hidrogeológico se contemplaron como variables de entradas al sistema la recarga potencial natural, recarga por retorno de fugas en el sistema de distribución de agua potable y el retorno por riego. En cambio, las salidas estaban integrada por las extracciones de consumo humano, agrícola, industrial y pecuario, así como el flujo superficial base del Río Mayales.

Tomando en cuenta las variables antes mencionadas en lo que respecta las entradas al sistema, se estimó en 117,72 Mm³/año, asimismo las salidas se cuantificaron en 82,86 Mm³/año. Esto demuestra que existe una disponibilidad de 34,86 Mm³/año, lo cual se aprecia en la Tabla 22.

Tabla 22. Balance hidrogeológico de la subcuenca Río Mayales

Balance hidrogeológico	Balance (Mm³/año)
Entradas	
Recarga potencial natural	109,21
Recarga por retorno de fugas, consumo humano	1,66
Recarga por retorno de riego	6,85
Sub total	117,72
Salidas	
Extracción consumo humano	0,83
Extracción agrícola	34,23
Extracción industrial	0,45
Extracción pecuaria	2,23
Flujo superficial base del río	45,12
Sub total	82,86
Δs (Mm³/año)	34,86

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

Según el balance hidrogeológico, las entradas al sistema acuífero son de 117,72 Mm³/año, representando el 7,1 % de las precipitaciones totales, en cambio las salidas son de 82,86 Mm³/año con el 5,45 % de las mismas.

Este balance demuestra que existe disponibilidad de agua subterránea de 34,86 Mm³/año, con una equivalencia del 2,1 % de las precipitaciones y un 29,6 % de las recargas al acuífero. Lo anterior ilustrado en el Gráfico 10.

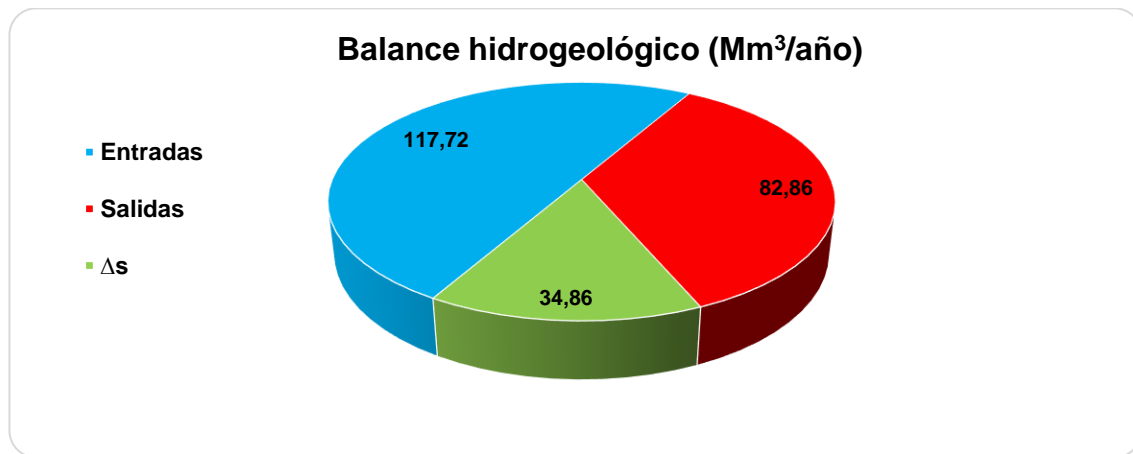


Gráfico 10. Representación del balance hidrogeológico de la subcuenca Río Mayales

4.9. Hidrogeoquímica

La calidad del agua se determinó con los resultados obtenidos en el laboratorio los cuales fueron comparados con los valores establecidos en las normativas ambientales vigentes a nivel nacional. En el caso del agua potable, estas normas se establecen para asegurar la calidad adecuada para el consumo humano y de este modo, proteger la salud de las personas (ONU-DAES, 2014).

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

4.9.1. Genética del agua

Para caracterizar la genética del agua se determinó el carácter fisicoquímico de la misma en 26 pozos, de los cuales 17 son pozos perforados y 9 excavados, todos pertenecientes a la subcuenca Mayales. Las muestras recuperadas fueron analizadas en el laboratorio del CIRA-UNAN.

Los resultados obtenidos fueron aguas del tipo Bicarbonatadas cálcicas ($\text{HCO}_3\text{-Ca}$) y Bicarbonatadas sódicas ($\text{HCO}_3\text{-Na}$), lo cual se puede apreciar en la Figura 47. Las sódicas se localizan en la parte alta de la subcuenca y en pequeñas áreas hacia el este y suroeste de la misma. Las altas concentraciones de sodio se pueden atribuir principalmente al tipo de condición geológica presente en la zona y la contaminación por aguas residuales.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

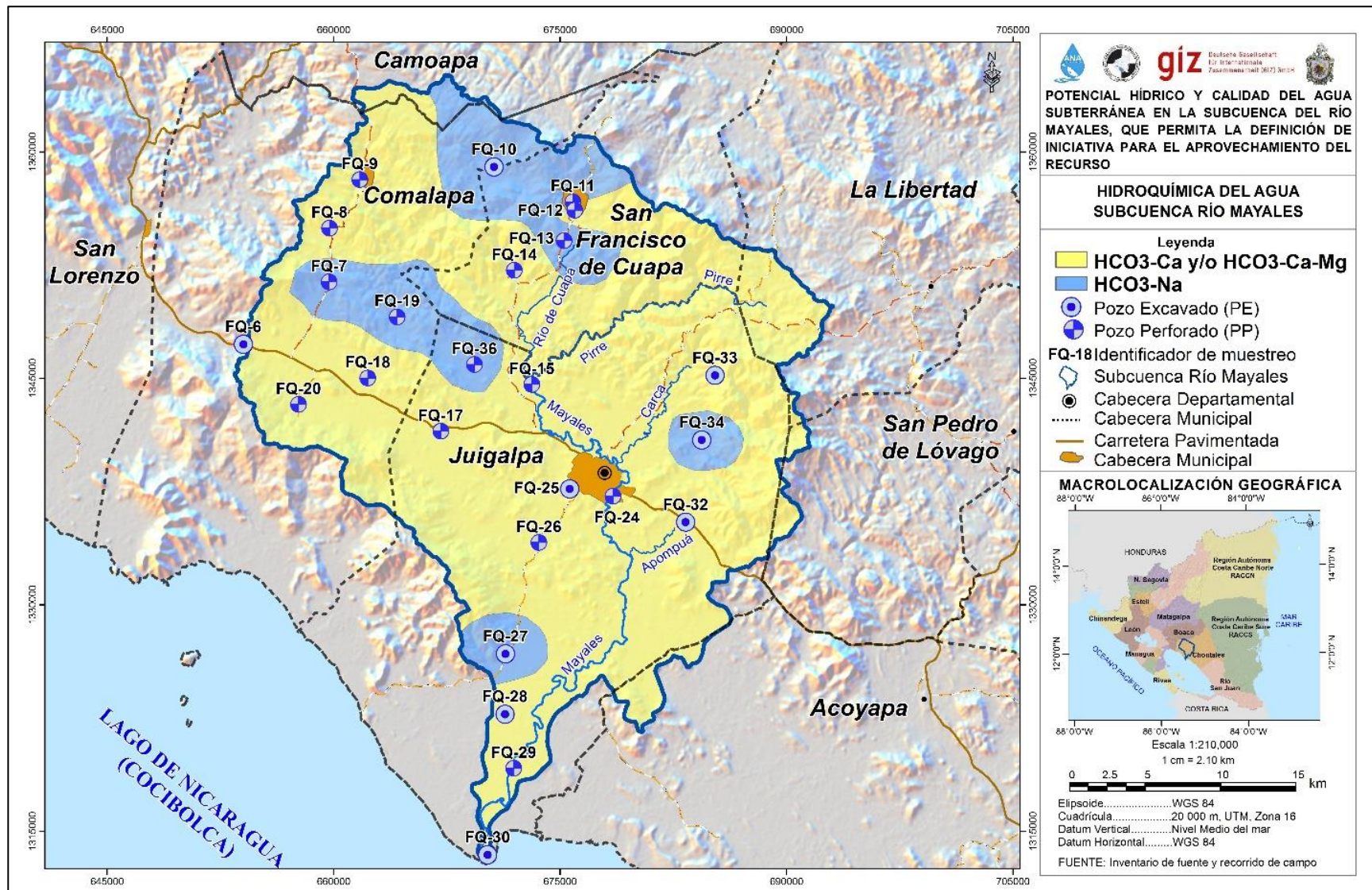


Figura 47. Mapa hidroquímico del agua en la subcuenca Río Mayales

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

Las aguas bicarbonatadas son de infiltración reciente, provenientes de la recarga natural directa de las lluvias y que percolan hasta el nivel del acuífero. Estas aguas tienen poco tiempo de recorrido, lo cual no ha facilitado la disolución de los minerales de las rocas.

Dentro de este tipo de agua, se presenta una subdivisión en orden de predominio: Bicarbonatadas cálcicas, Bicarbonatadas sódicas, Bicarbonatadas cálcicas sódicas, Bicarbonatadas sódicas cálcicas, Bicarbonatadas cálcicas magnésicas y Cloruradas sódicas. El predominio de los bicarbonatos se debe principalmente a la disolución de CO₂ atmosférico presente en el agua de lluvia, pero también a la disolución de tobas ignimbríticas, presentes en la formación geológica del periodo terciario. La concentración de sodio, calcio y magnesio obedecen a las características del medio geológico de la subcuenca (INETER, 2010).

4.9.2. Parámetros fisicoquímicos

Se midieron parámetros de calidad fisicoquímico de campo en la subcuenca Río Mayales, distribuidos aleatoriamente en la parte alta, media y baja. Estos parámetros fueron comparados con las normas de calidad de agua para consumo humano (CAPRE), ya que, la mayoría de los pozos muestreados son comunitarios, destinados únicamente para el consumo humano.

Los parámetros fisicoquímicos analizados son; pH, conductividad eléctrica (CE), sólidos totales disueltos (STD), temperatura, oxígeno disuelto, salinidad y potencial redox.

Los parámetros medidos en la época seca en los años 2014 y 2017 presentan variabilidad en toda la subcuenca, expresando una disminución de sus concentraciones en el 2017. En este año las precipitaciones fueron mayores que el año 2014, lo cual pudo haber provocado una dilución de los parámetros.

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

Comparando los resultados con los valores establecidos en la norma CAPRE, todos los pozos se encuentran dentro de los rangos máximos permisibles, a excepción de algunos que sobrepasan las concentraciones de conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos debido a la alta carga iónica presente en el agua (Tabla 23 y anexo).

Tabla 23. Parámetros fisicoquímicos de agua subterránea, época seca

Variables	Año	OD (mg/l)	pH	T (°C)	CE (μS/cm)	STD (ppm)	SAL (%)	REDOX
MÍNIMO	2014	0,010	6,8	25,53	109	54	0,050	7,6
	2017	0,02	6,36	20,16	155	78	0,17	92,3
MEDIO	2014	1,84	6,85	28,80	606	303	0,29	77,06
	2017	3,9	7,3	29,8	577	285	0,3	457,9
MÁXIMO	2014	5,6	6,87	30,56	2510	1256	1,29	118,5
	2017	8,19	8,4	34,56	1391	666	0,66	879
CAPRE			6,5-8,5	18-30	400	1000		

En la época lluviosa también se detectó variabilidad entre los parámetros de campo, asimismo, los valores encontrados no sobrepasan los máximos permisibles establecidos por la norma CAPRE, a excepción del pozo FQ-39 que presentó concentraciones altas de conductividad eléctrica con 1981 μs/cm.

Tabla 24. Parámetros fisicoquímicos de agua subterránea, época lluviosa 2017

	OD (mg/l)	pH	T (°C)	CE (μs/cm)	STD (ppm)	SAL (%)	REDOX
MIN	1,7	3,93	27,36	116	58	0,16	-1141,5
MEDIO	3,2	7,1	29,8	661	317,3	0,30	-178,6
MAX	7,96	9,71	32,25	1981	905	0,91	1563
CAPRE		6,5-8.5	18-30	400	1000		

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

4.9.3. Fisicoquímicos

Se analizaron 10 parámetros fisicoquímicos con el propósito de valorar la calidad del agua desde el punto de vista genético, los cuales corresponden a los siguientes: calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K), cloruro (Cl^-), nitratos (NO_3^-), sulfatos (SO_4^{2-}), dureza total, hierro total y nitritos (NO_2^-). Todos ellos comparados con la norma CAPRE. Los sitios muestreados se pueden apreciar en la Figura 48.

Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los valores establecidos por la norma CAPRE, con excepción del calcio en el punto FQ-27 que presentó un valor alto de 135,9 mg/l. Mientras el hierro en los sitios FQ-20 con 1,82 mg/l, FQ-25 con 1,31 mg/l y FQ-28 con 0,5 mg/l.

Las altas concentraciones de calcio pueden estar vinculadas con el tipo de roca que predomina en la zona, compuestas por carbonato de calcio (roca caliza). Este parámetro esta intrínsecamente relacionado con la dureza, debido a que entre más alta sea la concentración de calcio, mayor será su dureza. Por lo general este tipo de aguas se encuentran en acuíferos sedimentarios, tal es el caso en la zona suroeste de la subcuenca Mayales, por presencia de material residual.

Tabla 25. Fisicoquímica de agua subterránea

Id	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Cl- (mg/l)	NO₃⁻ (mg/l)	SO₄²⁻ (mg/l)	Dureza Total (mg/l)	NO₂⁻ (mg/l)	Hierro Total (mg/l)
FQ-1	99,4	8,26	35,15	0,13	32,97	3,1	4,25	282	<ld	<ld
FQ-2	16,03	2,43	104	0,42	59,4	<ld	12,26	50	<ld	<ld
FQ-3	50,5	9,72	52,9	0,32	12,41	4,1	2,09	166	<ld	<ld
FQ-4	78,56	14,09	47,3	0,52	44,58	17,72	9,41	254	<ld	<ld
FQ-5	36,87	16,04	74,2	0,42	14,43	1,06	3,38	158	0,003	<ld
FQ-6	9,62	2,92	196	1,31	45,39	1,6	9,3	36	<ld	<ld
FQ-7	77,76	18,95	75,9	2,49	62,67	1,82	13,31	272	0,102	0,09

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

Id	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Cl- (mg/l)	NO₃⁻ (mg/l)	SO₄²⁻ (mg/l)	Dureza Total (mg/l)	NO₂⁻ (mg/l)	Hierro Total (mg/l)
FQ-8	14,43	1,17	96,5	0,42	9,46	4,56	1,59	40,8	<ld	<ld
FQ-9	60,92	14,09	52,1	0,32	23,26	5,1	9,91	210	0,003	<ld
FQ-10	59,19	16,17	35,2	5,93	15,55	3,01	5,12	214,24	0,007	<ld
FQ-12	60,02	11,12	17,9	0,32	13,31	1,99	2,19	196,62	0,003	0,02
FQ-13	38,48	10,69	26,6	0,82	24,74	10,54	4,64	140	0,003	<ld
FQ-14	30,46	6,8	89,7	0,72	12,96	2,26	1,7	104	<ld	<ld
FQ-15	46,49	13,12	51,3	0,82	10,28	0,71	1,48	170	0,007	<ld
FQ-19	91,7	22,24	40,6	0,55	40,38	19,05	29,47	320,32	0,01	0,11
FQ-20	66,25	16,43	13,6	0,32	7,28	2,7	5,12	232,96	0,02	1,82
FQ-21	56,69	9,65	20,55	0,25	6,39	1,29	3,69	181,17	0,003	<ld
FQ-22	12,51	3,54	39	1,24	5,73	1,73	1,9	45,76	0,01	0,05
FQ-23	63,35	16,18	26,9	0,45	30,84	0,22	44,91	199,68	0,003	0,24
FQ-24	100	35,89	42	0,35	35,96	3,69	27,09	397,28	0,007	<ld
FQ-25	56,69	17,69	102	5	43,74	0,53	4,27	214,24	0,038	1,31
FQ-27	135,9	26,78	22,9	0,25	17,39	3,37	127,94	449,28	0,01	<ld
FQ-28	55,85	16,67	20,9	0,55	25,29	0,53	2,25	208	0,003	0,5
FQ-29	38,34	19,71	129	0,45	35,3	0,93	3,62	176,8	0,003	<ld
FQ-30	56,68	16,17	40,5	1,54	20,01	2,88	17,99	205	0,003	<ld
FQ-31	4,16	0,76	113	0,42	18,21	<ld	2,57	13,52	<ld	<ld
CAPRE	100	50	200	10	250	50	250		0,10-3	0,3

<ld: menor al límite de detección

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

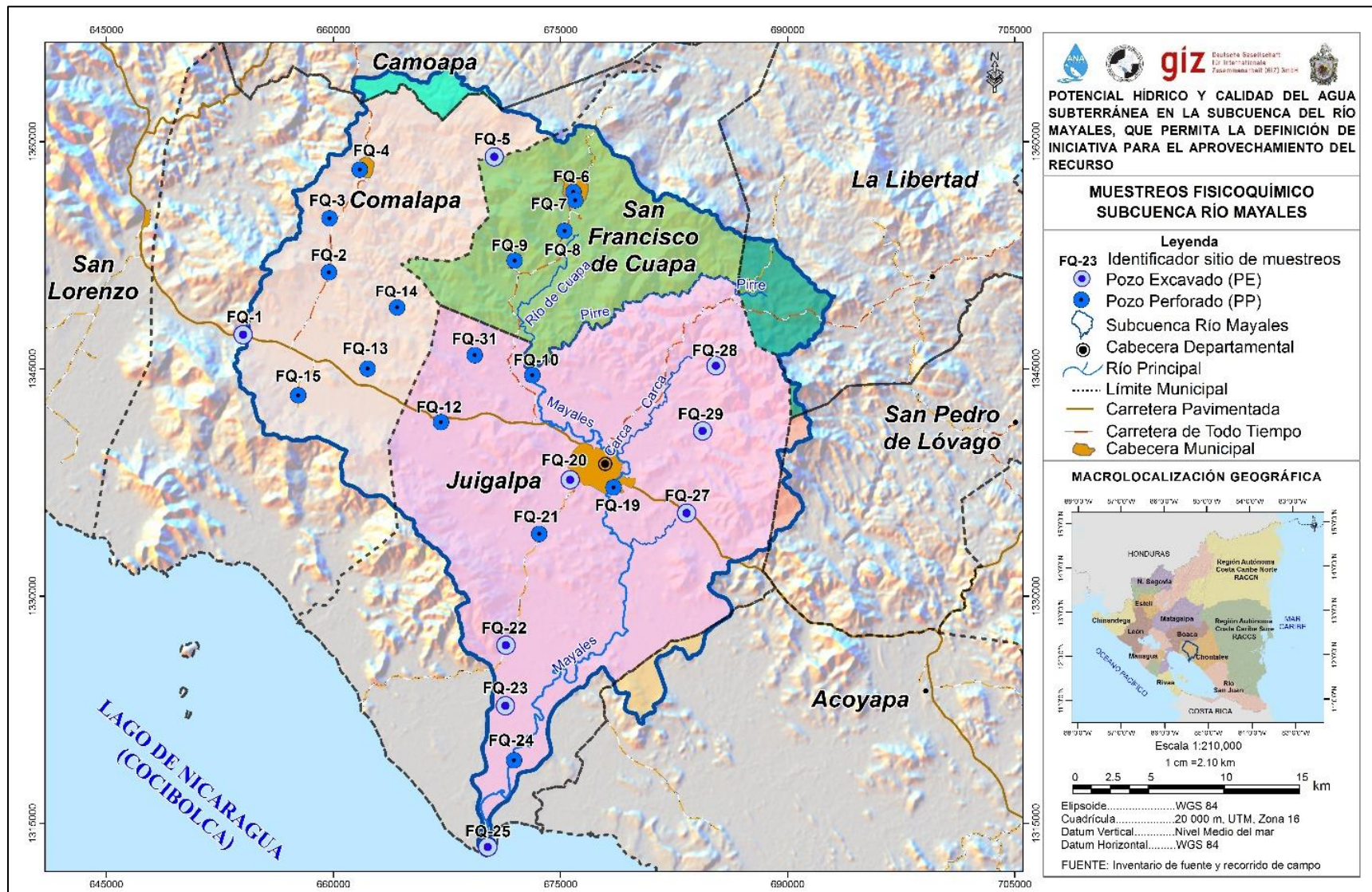


Figura 48. Mapa de muestreo fisicoquímico en subcuenca Río Mayales

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

4.9.4. Metales pesados

Los parámetros muestreados fueron; arsénico, mercurio y plomo totales en 14 (catorce) pozos de la subcuenca Río Mayales, de los cuales 2 pozos pertenecen al municipio de Comalapa, 4 a San Francisco de Cuapa y 8 a Juigalpa (figura 49). Los sitios de muestreo se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 26. Sitios de muestreo metales pesados en subcuenca Río Mayales

Id	Este	Norte	Lugar	Municipio
MP-3	659743	1354945	La Concepción	Comalapa
MP-4	661746	1358153	Pozo ENACAL	Comalapa
MP-5	670628	1359011	Finca El Rosario; El Cangrejal	Cuapa
MP-6	675864	1356690	Parque de Cuapa	Cuapa
MP-7	675975	1356129	Los Laureles	Cuapa
MP-8	675278	1354116	Pozo Comunal Comarca el Pintor	Cuapa
MP-19	678518	1337188	Instituto Técnico Agropecuaria (ITA)	Juigalpa
MP-20	675645	1337692	Comarca San Ramon	Juigalpa
MP-21	673610	1334121	Quebrada el Potrero Cubano 2	Juigalpa
MP-23	671363	1322770	Finca Buena Vista	Juigalpa
MP-24	671940	1319170	Las Lanchas	Juigalpa
MP-25	670206	1313450	Punta Mayales	Juigalpa
MP-28	685277	1345205	Piedras grandes 3	Juigalpa
MP-29	684396	1340922	Jicaral 2, Piedras grande 2	Juigalpa

La distribución espacial de los sitios muestreados se presenta en la Figura 49, donde se encontró la presencia de arsénico y mercurio en pozos perforados, ubicados en la parte alta de la subcuenca y zona de descarga de esta.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

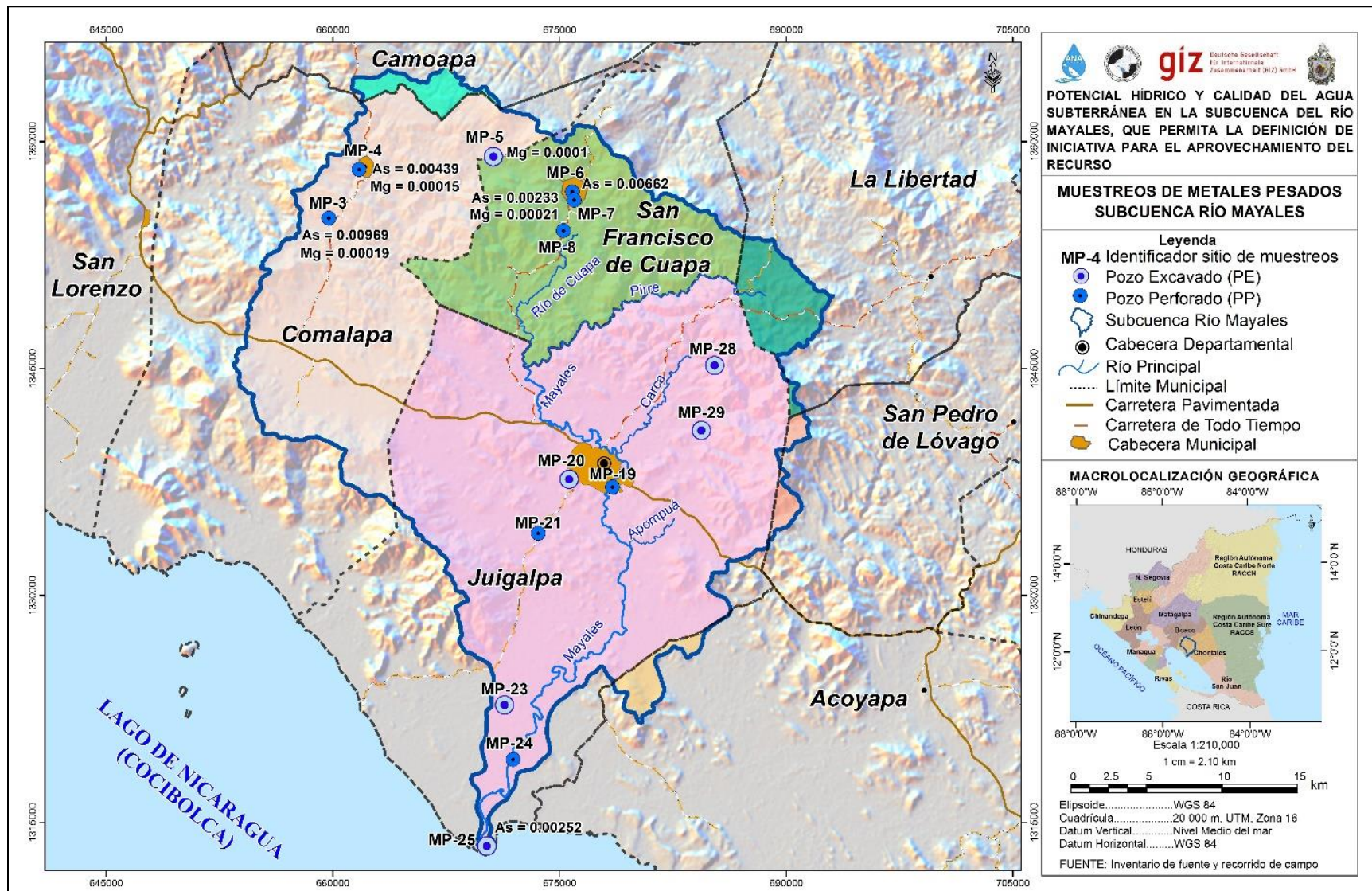


Figura 49. Mapa de muestreo de metales pesados en Subcuenca Río Mayales

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

- **Arsénico total (As):**

De acuerdo con los análisis realizados se observa que las concentraciones de arsénico en el agua de los pozos se encuentran por debajo del valor máximo permisible de la norma CAPRE (0,01mg/l), a excepción del pozo MP-3, ubicado en el municipio de Comalapa, que presentó una concentración igual al límite máximo admisible de la norma antes mencionada (Gráfico 11). Esto no indica que pueda causar algún daño inmediato a la salud humana, pero con el tiempo podría producirse una disolución de las rocas que aumentaría los niveles de arsénico en el agua.

La presencia de este metal es de origen natural, la cual podría estar atribuida en su momento por ascenso de fluidos magmáticos e hidrotermalismo, o producto de la disolución de minerales con arsénico durante la meteorización, todos ellos asociados a los tipos de formaciones geológicas presentes.

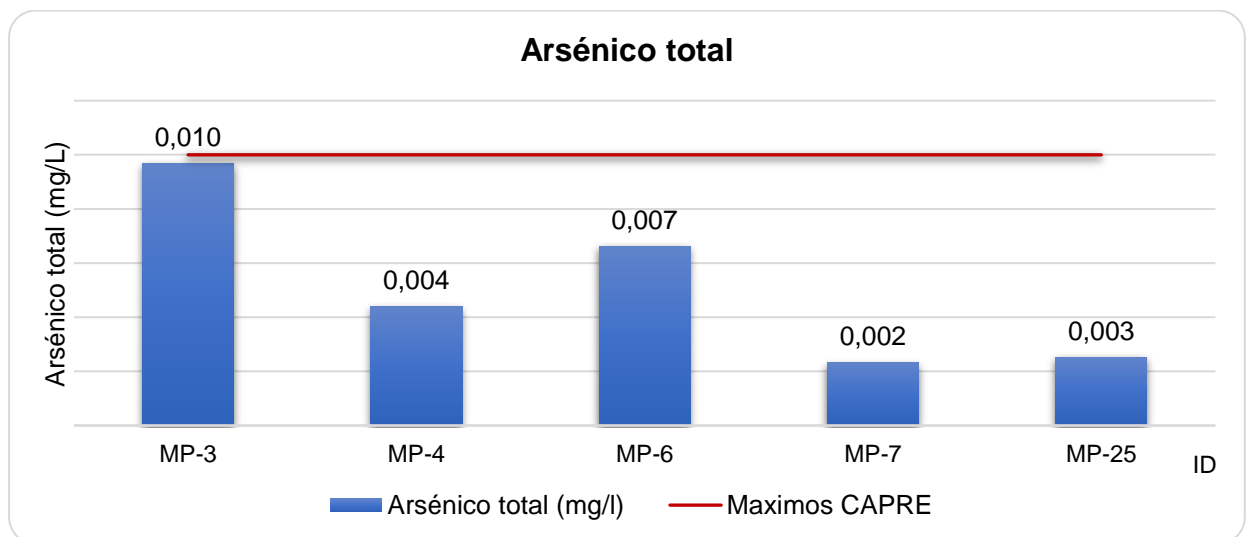


Gráfico 11. Arsénico total en subcuenca Río Mayales

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

- **Mercurio total (Hg):**

De los 14 sitios muestreados, solamente en 4 se detectó la presencia de mercurio total, en concentraciones muy por debajo del límite máximo admisible establecido de la norma CAPRE (Gráfico 12).

Al igual que el arsénico, se detectó la presencia de este metal en la parte alta de la subcuenca, lo cual podría estar asociado a las formaciones geológicas y por ende ser de origen natural y no antropogénico.

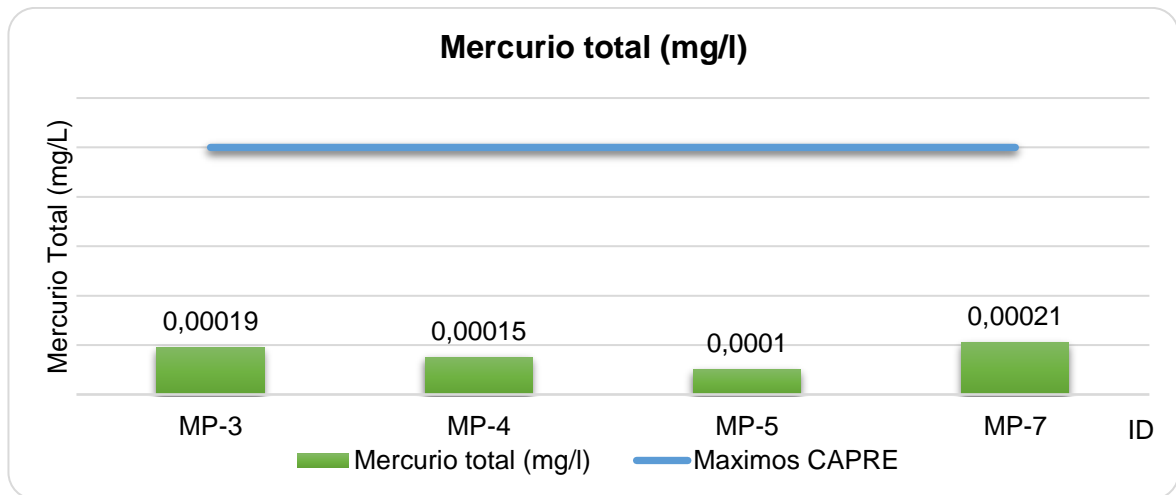


Gráfico 12. Mercurio total en subcuenca Río Mayales

- **Plomo total (Pb):**

Según los análisis de laboratorio, no se encontró la presencia de plomo en ninguno de los pozos (Tabla 27). Esto se debe a que no hay ningún tipo de fuente contaminante que pueda aportar este metal al ambiente y a las aguas subterráneas.

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

Tabla 27. Resultados de metales pesados en la subcuenca Río Mayales

Id	Arsénico total (mg/l)	Mercurio total (mg/l)	Plomo total (mg/l)
MP-3	0,010	0,00019	<ld
MP-4	0,004	0,00015	<ld
MP-5	<ld	0,0001	<ld
MP-6	0,007	<ld	<ld
MP-7	0,002	0,00021	<ld
MP-8	ld	ld	<ld
MP-19	<ld	<ld	<ld
MP-20	<ld	<ld	<ld
MP-21	<ld	<ld	<ld
MP-23	<ld	<ld	<ld
MP-24	<ld	<ld	<ld
MP-25	0,003	<ld	<ld
MP-28	<ld	<ld	<ld
MP-29	<ld	<ld	<ld

<ld: menor al límite de detección

4.9.5. Microbiológico

Distribuidas mayoritariamente en la parte media y alta de la subcuenca Río Mayales, se tomaron 26 muestras para el análisis microbiológico, específicamente para los parámetros de coliformes totales, coliformes termotolerantes y *escherichia coli*. Sitios ilustrados en la Figura 50

Se recolectaron 26 muestras para el análisis microbiológico, distribuidas mayormente en la parte media y alta de la subcuenca. Los parámetros analizados son; coliformes totales, coliformes termotolerantes y *escherichia coli*. Estos sitios se pueden observar en la tabla siguiente.

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

Tabla 28. Sitios de muestreo microbiología en subcuenca Río Mayales

Id	Este	Norte	Lugar	Municipio
MB-1	654036	1347258	San Patricio	Comalapa
MB-2	659709	1351385	Moralitos	Comalapa
MB-3	659743	1354945	La Concepción	Comalapa
MB-4	661746	1358153	Pozo ENACAL	Comalapa
MB-5	670628	1359011	Finca El Rosario; El Cangrejal	Cuapa
MB-6	675864	1356690	Parque de Cuapa	Cuapa
MB-7	675975	1356129	Los Laureles	Cuapa
MB-8	675278	1354116	Pozo Comunal Comarca el Pintor	Cuapa
MB-9	671981	1352157	Pozo Comunal Llano Grande	Cuapa
MB-10	673146	1344593	Paso las Yeguas, San Diego	Juigalpa
MB-12	667106	1341495	San Esteban 1	Juigalpa
MB-13	662276	1345023	Pozo Comunal Cuisala Viejo	Comalapa
MB-14	664223	1349066	Escuela Salomón de la Selva, La Concha Centro Escolar Concepción de María, Piedra	Comalapa
MB-15	657679	1343270	Pintada	Comalapa
MB-19	678518	1337188	Instituto Técnico Agropecuaria (ITA)	Juigalpa
MB-20	675645	1337692	Comarca San Ramon	Juigalpa
MB-21	673610	1334121	Quebrada el Potrero Cubano 2	Juigalpa
MB-22	671399	1326765	El Espavel	Juigalpa
MB-23	671363	1322770	Finca Buena Vista	Juigalpa
MB-24	671940	1319170	Las Lanchas	Juigalpa
MB-25	670206	1313450	Punta Mayales	Juigalpa
MB-27	683334	1335488	Santa Rita	Juigalpa
MB-28	685277	1345205	Piedras grandes 3	Juigalpa
MB-29	684396	1340922	Jicaral 2, Piedras grande 2	Juigalpa
MB-30	880490	1340062	Finca San Antonio, Quebrantadero	Juigalpa
MB-31	669341	1345916	Finca San Roque, San Diego	Juigalpa

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

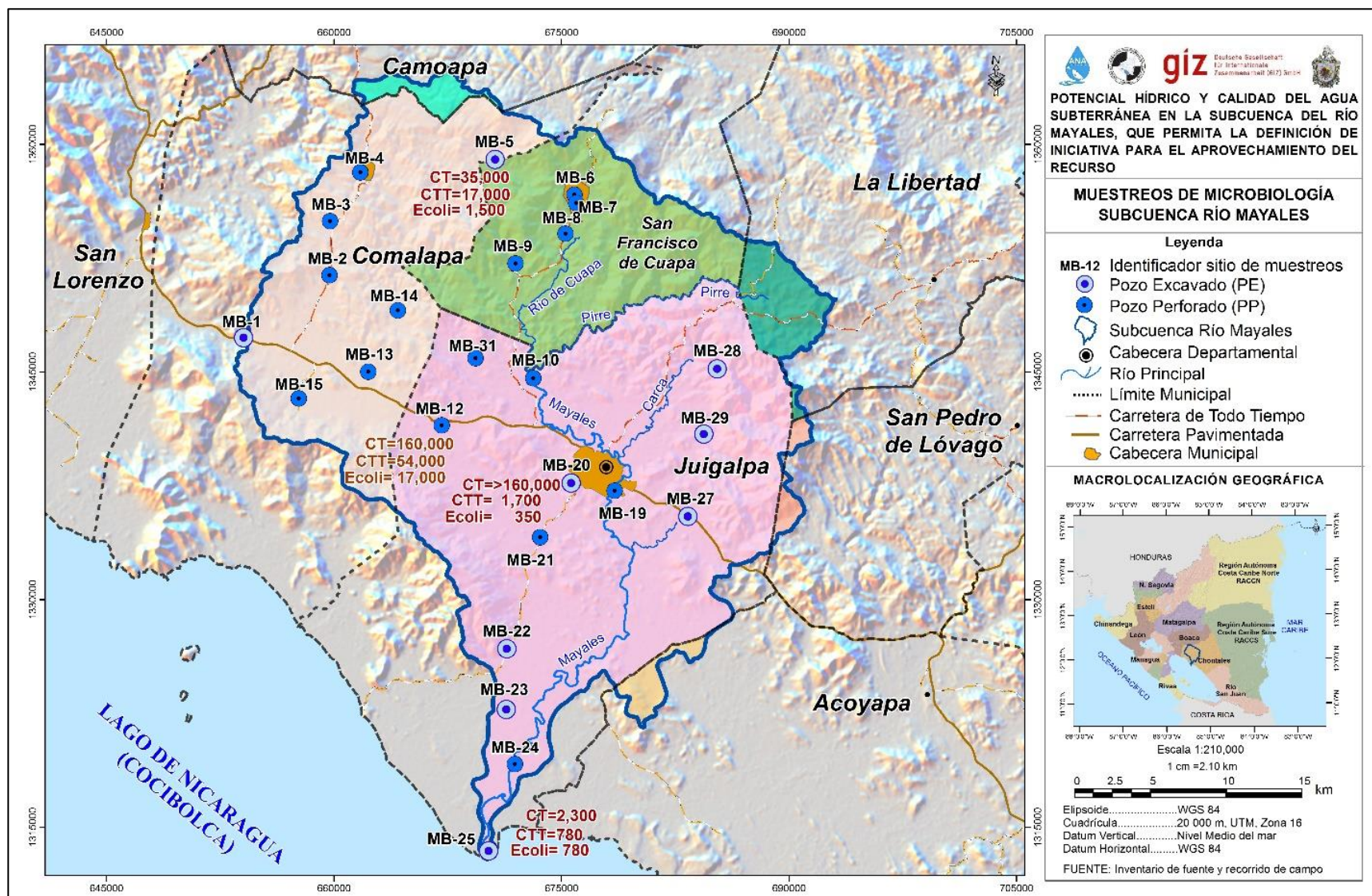


Figura 50. Muestreo Microbiológico en Subcuenca Río Mayales

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

- Coliformes totales:**

De los 26 sitios muestreados, solamente el MB-2 no presentó coliformes totales, en los demás se detectó en pequeñas concentraciones, exceptuando el MB-5 con 35 000 NMP/ 100 ml y las muestras que reportan los valores más altos son el MB-12 y MB-20 con 160 000 NMP/ 100 ml cada uno (Gráfico 13). Los valores máximos se localizan en la parte media de la subcuenca, cerca del casco urbano de Juigalpa, asimismo en uno de los pozos muestreados localizado en la parte alta.

La presencia de estos coliformes se puede atribuir a la existencia de letrinas a favor del gradiente hidráulico o a orillas de los pozos.

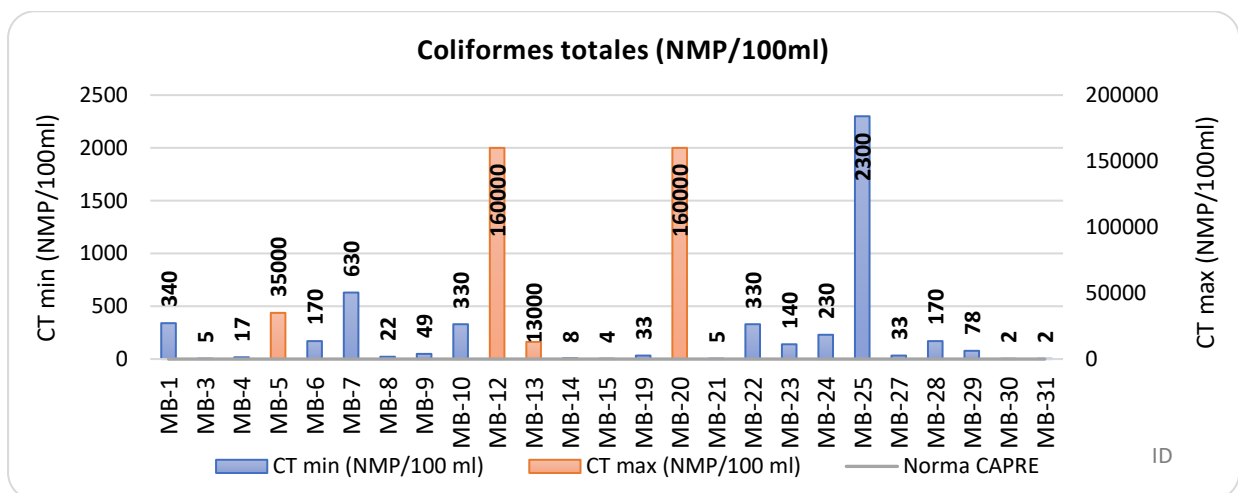


Gráfico 13. Coliformes totales en subcuenca Río Mayales

- Coliformes termotolerantes:**

Los coliformes termotolerantes no se detectaron en los pozos MB-2, MB-14, MB-21, MB-30 y MB-31, en cambio, en los demás sitios muestreados se detectó la presencia de estos agentes patógenos a diferentes concentraciones.

Los valores detectados están comprendidos desde muy bajos en el MB-15 y MB-29 con 2 NMP/100ml hasta los más altos de 54 000 NMP/100ml en el MB-12, ilustrado

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

en el Gráfico 14. Los pozos con concentraciones de coliformes termotolerantes más altas se encuentran distribuidos en la parte media de la cuenca.

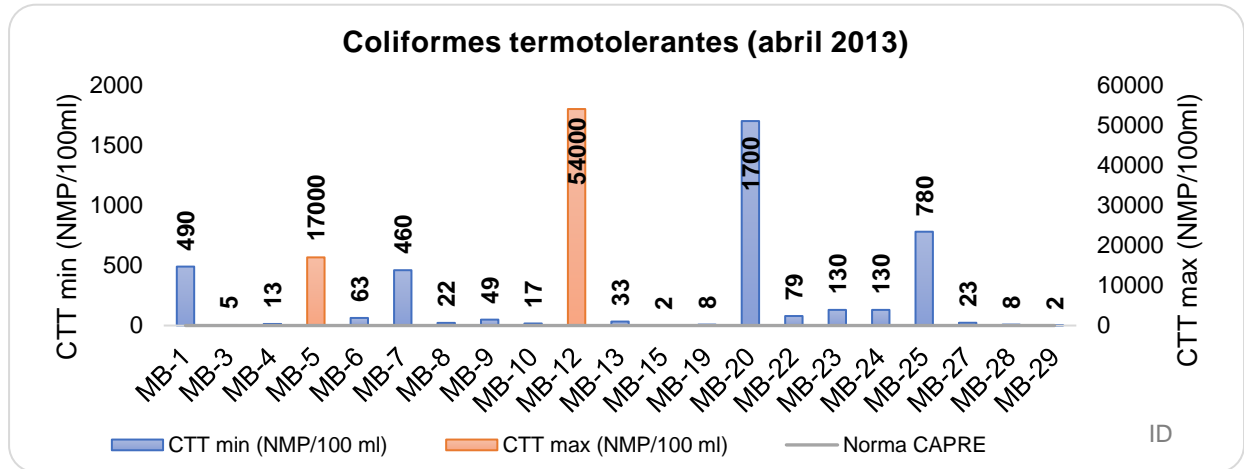


Gráfico 14. Coliformes termotolerantes en subcuenca Río Mayales

- ***Escherichia coli*:**

De los 26 sitios analizados, únicamente en 5 puntos no se encontró presencia de *E. coli*, siendo estos el MB-2, MB-14, MB-21, MB-30 y MB-31. En los demás pozos se determinó la presencia de altas concentraciones, esto se ilustra en el Gráfico 15. De acuerdo con la norma CAPRE para calidad de agua, el valor de *E. coli* debe ser negativo.

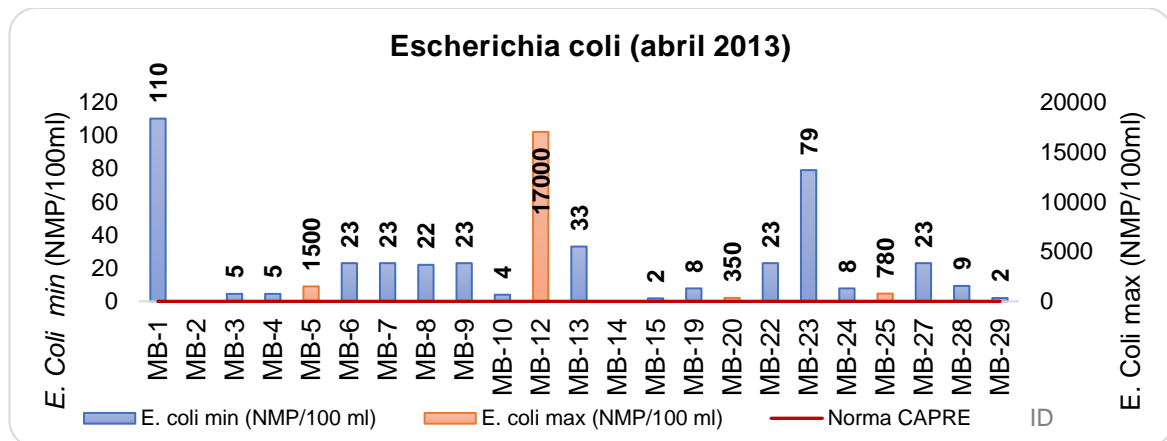


Gráfico 15. *Escherichia coli* en subcuenca Río Mayales

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

Tabla 29. Resultados bacteriológicos de la subcuenca Mayales.

Id	CT (NMP/100 ml)	CTT (NMP/100 ml)	<i>E. coli</i> (NMP/100 ml)
MB-1	340,00	490,00	110,00
MB-2	<1,8	<1,8	<1,8
MB-3	4,50	4,50	4,50
MB-4	17,00	13,00	4,50
MB-5	35 000,00	17 000,00	1 500,00
MB-6	170,00	63,00	23,00
MB-7	630,00	460,00	23,00
MB-8	22,00	22,00	22,00
MB-9	49,00	49,00	23,00
MB-10	330,00	17,00	4,00
MB-12	160 000,00	54 000,00	17 000,00
MB-13	13 000,00	33,00	33,00
MB-14	7,80	<1,80	<1,80
MB-15	4,00	1,80	1,80
MB-19	33,00	7,80	7,80
MB-20	>160 000	1 700,00	350,00
MB-21	4,50	<1,80	<1,8
MB-22	330,00	79,00	23,00
MB-23	140,00	130,00	79,00
MB-24	230,00	130,00	7,80
MB-25	2 300,00	780,00	780,00

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

Id	CT (NMP/100 ml)	CTT (NMP/100 ml)	<i>E. coli</i> (NMP/100 ml)
MB-27	33,00	23,00	23,00
MB-28	170,00	7,80	9,30
MB-29	78,00	2,00	2,00
MB-30	2,00	<1,8	<1,8
MB-31	2,00	<1,8	<1,8

CT: coliformes totales, CTT: coliformes termotolerantes, *E. Coli*: *Escherichia coli*.

4.10. Iniciativas de aprovechamiento

4.10.1. Captación de agua de manantial

La búsqueda de manantiales es ideal para la captación y aprovechamiento de estos cuerpos de agua, ubicados generalmente en las laderas de las montañas de la cordillera Amerrisque. En el proceso de captación pueden intervenir varios factores, como son la topografía del terreno y la geología de la cuenca para la selección de los lugares idóneos de la fuente de agua.

Una vez identificado, se pueden construir cajas de contención para su almacenamiento, la cual puede ser distribuido a través de tuberías, sea por gravedad o por bombeo. Un esquema representativo se puede observar en la Figura 51.

La participación de los pobladores locales en el proceso de construcción es de suma importancia, para que se identifiquen y apropien del proyecto. Sin embargo, estos deben ser acompañados y capacitados por personal técnico especializado de las alcaldías, la Autoridad Nacional del Agua y Organismos de Cooperación.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

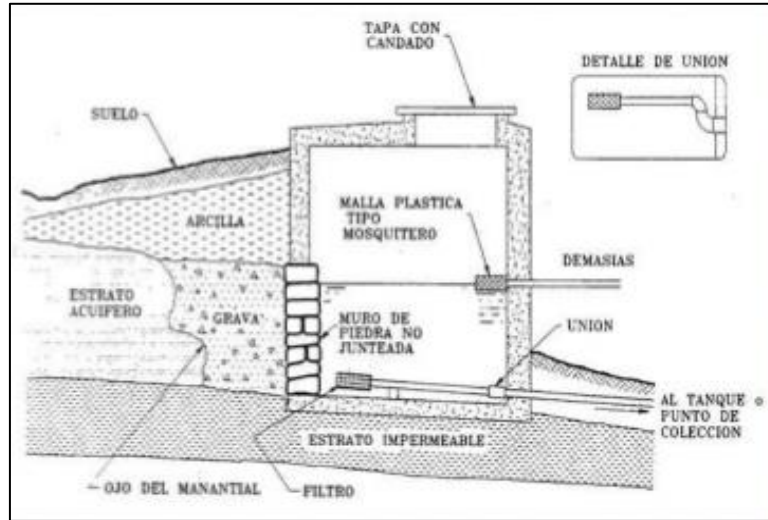


Figura 51. Esquema de caja de contención para almacenar agua de manantial

El uso de manantiales para abastecer de agua a comunidades es aplicable siempre y cuando su rendimiento sea óptimo tanto en cantidad como en calidad. Una forma de mantener estos recursos es proteger las zonas de recarga, promoviendo la reforestación en las partes altas de la fuente y sus alrededores.

4.10.2. Diques de contención en ríos o pequeñas represas

Los diques de contención o pequeñas represas son construcciones de piedra en los ríos o quebradas para retener el agua y formar embalses, aprovechando el agua para diferentes usos; sean agrícolas, consumo humano, entre otros.

En este tipo de obra, el sitio debe tener una buena estabilidad geológica, de preferencia el lecho rocoso, lo cual le permitirá una reducción de costos en los anclajes. Estas obras están sujetas a diseños específicos, según la demanda y las condiciones del lugar de construcción de la obra. Un ejemplo del diseño de este tipo de construcción se puede apreciar en la Figura 52.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

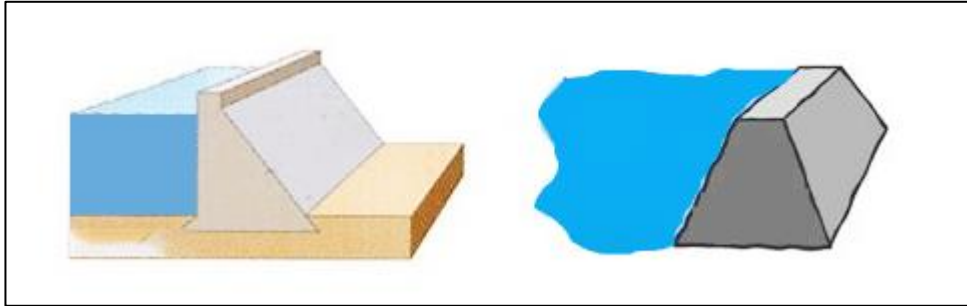


Figura 52. Representación de diques de contención en ríos

Se recomienda la construcción de este tipo de obra en las partes altas de la subcuenca, en los ríos Pirre, La Carca, Manigua, Cuapa y Cuisala. Estos son ríos importantes de la subcuenca y mantienen un flujo base durante la época de verano, los demás tributarios que confluyen a los principales mantienen su caudal únicamente en época lluviosa.

4.10.3. Captación de aguas fluvial

La captación de agua fluvial es un mecanismo que consiste en filtrar y almacenar el agua de lluvia captada de una superficie, como es el tejado o techos de las viviendas y posteriormente ser almacenada en recipientes, sean estos de concreto o plásticos.

El agua de lluvia a pesar de no ser potable puede ser utilizada para muchas actividades de las viviendas, como el lavado de ropa, vajillas, servicios higiénicos (en caso de contar con ellos), limpieza de piso y riego de jardín. Si se aplica algún tratamiento, puede ser ingerida por las personas.

En los sitios más alejados, donde la cantidad de viviendas son reducidas, se pueden ejecutar obras de captación de agua de lluvia de los techos o cosecha de agua. Este tipo de sistema arrastra muchas impurezas de los tejados, por lo cual se requiere la instalación de filtros en los centros de almacenamiento y cloración para mejorar la calidad del agua.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

La captación se puede realizar a través de pilas de almacenamiento y contenedores plásticos. Las dimensiones estarán condicionadas según requerimientos de la familia y área de captación del techado de la vivienda. En la Figura 29 se puede observar ilustración de los tipos de sistema.



Figura 53. Representación de obras de captación de lluvia en techos

En la subcuenca este tipo de sistema se puede aplicar en cualquier zona, pero principalmente en las viviendas ubicadas en la parte alta, por presentar las mayores intensidades de precipitaciones, ideal para captar un mayor volumen del vital líquido.

Estos sistemas son asequibles y pueden ser financiados por organismos de cooperación, con el apoyo técnico de las alcaldías municipales y la Autoridad Nacional del Agua.

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

5. CONCLUSIONES

- En la cuenca Río Mayales se localizan dos tipos de acuíferos. Libres en la parte baja y fracturados en la parte media y alta, los cuales se caracterizan por ser someros según sus profundidades de agua subterránea y catalogados de bajo rendimiento por presentar permeabilidad y transmisividad baja.
- La recarga potencial en la subcuenca Río Mayales representa el 6,59 % de las precipitaciones anuales. Asimismo, el balance hidrogeológico demuestra que existe poca disponibilidad de agua subterránea en la subcuenca según el medio geológico existente, representando apenas el 2,1 % de estas, pudiendo aprovechar pequeños caudales de forma puntual.
- La hidroquímica refleja aguas de tipo Bicarbonatadas cálcicas y Bicarbonatadas sódicas, lo que las hace aguas jóvenes de reciente infiltración y de buena calidad, asimismo, se demuestra en los resultados de parámetros fisicoquímicos obtenidos.
- La calidad del agua fisicoquímica y metales pesados se encuentran dentro de los rangos permisibles por la norma CAPRE, lo cual no representa ningún problema de contaminación que pueda ocasionar enfermedades a la población.
- La microbiología en el sitio de estudio presenta alta carga de contaminantes de Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes y *Escherichia Coli*, esto es producto de la ubicación de letrinas cerca de los pozos y en algunos casos los pozos se localizan dentro de corrales para estabular el ganado bovino.
- Se proponen tres alternativas de aprovechamiento de agua, siendo estas; la captación de agua de manantial, diques de contención en ríos o pequeñas represas y captación de agua fluvial, utilizándose la más adecuada según la

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

necesidad de la población, así como los factores climáticos, geomorfológicos y edáficos que favorecen la zona de aprovechamiento.

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

6. RECOMENDACIONES

- Instalar una red de monitoreo en los pozos, la cual sea administrada por la alcaldía de los tres municipios en conjunto con la Autoridad Nacional del Agua e Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, llevando un registro del comportamiento de los niveles del agua subterránea y su calidad fisicoquímica.
- Mejorar las zonas de recarga de los acuíferos a través de la reforestación de árboles nativos en las riveras de los ríos y quebradas. Esto ayudará a prevenir la erosión y mejorar la infiltración de los suelos.
- Reubicar los pozos en los que se encontró presencia de arsénico y perforarlos con menor profundidad, de tal manera que no se localice ninguna influencia hidrotermal, la cual pueda provocar nuevamente la aparición de este metaloide.
- Realizar campañas de capacitación a los pobladores en temas salud e higiene para el cuidado de los pozos y aseo de las letrinas, la cual debe ser implementada por el Ministerio de Salud, Autoridad Nacional del Agua y alcaldías municipales.
- Reubicación de letrinas que se encuentren construidas cerca de los pozos, lo cual evitará la contaminación por agentes microbiológicos. Estas deben ser financiadas con el apoyo de agencias de cooperación y en coordinación con el Ministerio de Salud y Alcaldías municipales.
- Para la implementación de los sistemas de aprovechamiento, se debe buscar el financiamiento de los organismos de cooperación externa, asimismo la capacitación y asistencia técnica por parte de las alcaldías municipales, la Autoridad Nacional del Agua y otras instituciones que se encuentren vinculadas con el recurso hídrico.

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

7. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, A., D'Elias, M., Paris, M., Fasciolo, G., & Barbazza, C. (2010). Evaluación de la contaminación de acuíferos producidas por actividades de saneamiento y re-uso de efluentes en el norte de la provincia de Mendoza . 22.
- ARQHYS. (s.f.). *Inventario de Pozos*. Recuperado el 26 de Enero de 2013, de <http://www.arqhys.com/construccion/pozos-inventarios.html>
- CONAGUA. (Diciembre de 2007). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento "Pruebas de Bombeo"* . Recuperado el 4 de Febrero de 2013, de <ftp://ftp.conagua.gob.mx/Mapas/libros%20pdf%202007/Pruebas%20de%20Bombeo.pdf>
- CONAGUA (2015). Atlas del agua en México 2015. Recuperado el 02 de febrero del 2020, de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/ATLAS2015.pdf>
- CORASCO. (2010). *Diagnóstico de la Infraestructura vial de la red de caminos vecinales del Municipio de Juigalpa*.
- Cortes, M., & Garibay, R. (s.f.). *Temperatura*. Recuperado el 28 de Enero de 2013, de <http://www.biblioteca.upibi.ipn.mx/Archivos/Material%20Didactico/Apuntes%20para%20la%20asignatura%20de%20instrumentaci%C3%B3n%20y%20control/cap2.pdf>
- Custodio, E., & Llamas, M. R. (2001). *Hidrología Subterránea*. Barcelona: Editorial EDICIONES OMEGA, S.A.
- Duque, G. (2003). Manual de geología para ingenieros. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.
- Ecologiahoy. (2011). Aguas subterráneas. Recuperado el 08 de octubre de 2013, de <http://www.ecologiahoy.com/aguas-subterraneas>

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

- Ehrenborg (1996). Investigación Geocientífica en Nicaragua. Proyecto conjunto Suecia – Nicaragua. Editado por: Sten-Ake, Lennart Widenfalk y Dionisio Rodriguez.
- EPA440/6-90-004. (Abril de 1990). *Guía para la protección de las aguas subterráneas*. Recuperado el 27 de Enero de 2013, de http://www.epa.gov/ogwdw/sourcewater/pubs/guide_citguidegwpsp_1990.pdf
- Ferreira, M. A. (28 de Julio de 2006). *Curso básico de Gemología*. Recuperado el 27 de Enero de 2013, de <http://www.emagister.com/curso-basico-gemologia/petrografia-rocas-definicion>
- Flores, Y. (2004). Criterios hidrogeológicos para la formulación del plan de gestión en el acuífero del valle de Sebaco. 153.
- García, A. (2011). La cuenca hidrográfica transfronteriza Grijalva: la danza de Politics-Policy y el mapeo institucional en México y Guatemala. Recuperado el 02 de febrero de 2020, de http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Montevideo/pdf/AquaLAC-Vol3_Numero2-51-64.pdf
- GIZ & ANA. (2014). Plan de Gestión Integrada de Recursos Hídricos de la Subcuenca Mayales.
- Griem, H. (2018). Apuntes de geología general: levantamiento geológico. Levantamiento de la estratigrafía. Recuperado el 06 de enero de 2020, de <https://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap10c.htm>
- Guzman, R., & Jova, G. (s.f.). *Hidrogeología*. Editorial Pueblo y Corazon.
- Harris, E. C. (1991). *Principios de Estratigrafía Arquelógica*. Barcelona: Editorial Critica.
- INETER. (2004). *Evaluación de las amenazas geológicas e hidrometeorológicas para sitios de Urbanización*.
- INETER. (2005). Mapa de Humedad Relativa Media Anual en porcentaje. Período 1971-2000.

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

- INETER. (2009). *Estudio caracterización hidrogeológica e isotópica del lago Nicaragua*. Managua.
- INETER. (2010). Estudio técnico de caracterización territorial del medio biofísico de la subcuenca del río mayales que integra los municipios de San Francisco de Cuapa, Comalapa y Juigalpa. Septiembre, 2010.
- INIFOM. (s.f.). *Ficha Municipal Comalapa*. Recuperado el 01 de Febrero de 2013, de <http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/CHONTALES/comalapa.pdf>
- INIFOM. (s.f.). *Ficha Municipal Cuapa*. Recuperado el 01 de Febrero de 2013, de http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/CHONTALES/san_francisco_de_cuapa.pdf
- INIFOM. (s.f.). *Ficha Municipal Juigalpa*. Recuperado el 24 de Enero de 2013, de <http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/CHONTALES/juigalpa.pdf>
- Jordán, A. (2006). Manual de edafología. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla.
- Lilljequist, Anderson & Astrand. (1984). Structural Interpretation of Landsat Images Over Tertiary Volcanics in Nicaragua. SGAB report to SAREC/ INMINE and FIR.
- MARENA. (2016). Plan Municipal de Protección Ambiental de las familias ante el cambio climático con enfoque en agua y saneamiento. Juigalpa, Chontales.
- McBirney, A & Williams, H. (1965). Volcanic History of Nicaragua. Berkeley and Los Angeles: University of California Publications in Geological Sciences. Volumen 55.
- Mijailov, L. (1989). *Hidrogeología*. Moscú: Editorial MIR MOSCÚ.
- Milán, J. (2012). Apuntes sobre el cambio climático en Nicaragua. 2ª edición.
- Muñoz, J. (1993). Geomorfología general.
- Nonner, J. (2015). Introduction to hydrogeology. 3rd edition.

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

Parsons Corporation in Jint Venture with Mashall & Steven Incorporated. (1972). The Geology of Western Nicaragua. Managua: Operations Consultant.

Pozosdeagua. (s.f.). *El agua subterranea - Pozos de agua*. Recuperado el 28 de Enero de 2013, de <http://www.pozosdeagua.es/2.html>

Precipitaciones. (s.f.). Obtenido de http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/AYC/document/atmosfera_y_clima/humedad/precipitaciones0.htm

Quintanilla, E., Alvarado, Q. E., Marin, C., & Durán, M. (2008). Estratigrafía de pozos como un aporte al conocimiento de la geología del cuaternario del valle de el Guarco (Cartago), Costa Rica. 13.

Roldán, G., & Ramírez, J. J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquía.

Sánchez, J. (2012). Evolución geoquímica de las aguas subterráneas. Revisado el 07 de Octubre de 2013. Disponible en la web: http://hidrologia.usal.es/temas/Evolucion_geoquimica.pdf

Schosinsky, G. (2006). Cálculo de la recarga potencial de acuíferos mediante un balance hídrico de suelos. Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica.

Soriano, M & Lacayo, N. (2017). *Estudio de diferentes procesos de coagulación para la remoción de materia orgánica natural para disminuir la formación de trihalometanos en agua de Puerto Díaz, Juigalpa*. Disponible en <http://repositorio.uca.edu.ni/4748/1/UCANI5116.pdf>

ThinkQuest, O. (s.f.). *Pozos*. Recuperado el 28 de Enero de 2013, de <http://library.thinkquest.org/04apr/00222/spanish/well1.htm>

UNESCO, (2012). Glosario Hidrológico Internacional. Recuperado el 17 de enero de 2020, de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000221862>

Valencia, M. (2010). *Tema 4: Propiedades hidraulica de los acuíferos*. Recuperado el 27 de enero de 2013, de

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

[http://www.aguassub.com/aguassubpdf/TEMA%204-
PROPIEDADES%20HIDRAULICAS%20DE%20LOS%20ACUIFEROS.pdf](http://www.aguassub.com/aguassubpdf/TEMA%204-PROPIEDADES%20HIDRAULICAS%20DE%20LOS%20ACUIFEROS.pdf)

Varela, R. (2014). Manual de Geología. Instituto superior de correlación geológica.
Universidad Nacional de La Plata-CONICET.

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

8. ANEXOS

- Climatología

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA													
Estación:		JUIGALPA /JUIGALPA						Código:		69034			
Departament		: JUIGALPA						Municipio:		JUIGALPA			
Latitud:		12°06'00"						Longitud:		85°22'00"			
Años:		1988-2017						Elevación:		90 msnm			
Parámetro:		Precipitación (mm)						Tipo:		HMP			
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1988	11,4	2,1	0,1	0	107,1	373,2	267,6	396,5	254,5	315,6	19,9	13,9	1761,9
1989	17,3	16,4	1,1	0,1	108,1	102,2	188,5	187,8	337,4	111,4	38,7	3,6	1112,6
1990	11,3	1,3	1,9	0,8	124,6	101,7	94,1	130,3	171,8	317,1	81,6	21,5	1058
1991	2,9	10,1	0,2	0,5	245,5	180,7	98	146	123,3	257	29,3	23,9	1117,4
1992	10,1	0,4	4,5	0	2,4	112,8	245,1	34,4	353	150,8	40,7	19,4	973,6
1993	5,9	3,4	0	54,4	338,1	172,3	150,4	115,3	168,1	168,5	56,7	8,2	1241,3
1994	6,3	12,1	0,5	0	149,9	87,5	30,4	54	150,1	142	82,6	8	723,4
1995	5,7	2,6	6,8	23,1	89	209,9	161,9	204	276,7	360,9	33,4	19,6	1393,6
1996	6,8	1,2	4,5	0	146	159	155,1	294,4	244,6	179,5	261,7	5,7	1458,5
1997	21,1	5,2	3,6	6,9	34	235,5	102,6	67,7	108,4	223,2	59,8	1,3	869,3
1998	0,9	0	0,3	1,3	92,6	169,2	66,9	230,7	226,5	603,2	166,6	45,9	1604,1
1999	24,1	8,2	4,4	38,4	138,4	201,5	97,2	114,2	307,7	191,8	48,7	2	1176,6
2000	11,3	3,4	0,2	3,3	185,6	131,9	90,1	92,2	366,4	102	66,2	9,9	1062,5
2001	6,2	14,5	0	1,7	202,3	138,8	115,9	114,9	155,8	164,2	8,4	7,6	930,3
2002	22,2	12,9	1	26,3	224	313,5	117,9	52	244,7	59,5	29,2	3,9	1107,1
2003	5,3	3	7,7	10,7	158,5	484,7	122,1	78,5	200,3	211,2	78,6	15,7	1376,3
2004	17,9	8,3	10,8	0,2	237,3	118	88,3	89,9	172,7	115,6	41,2	10,3	910,5
2005	2,2	0,1	2,5	19	214,1	296	185,2	248,1	183,6	400,5	49,7	12,2	1613,2
2006	32,6	1,4	0,7	1,1	119,8	206,6	140,2	56,4	120	64,7	37,9	17,6	799
2007	3,4	6	0,9	23,7	80,3	145,7	180,9	289,9	312	510,2	98,6	21,8	1673,4
2008	26,4	2,5	1,9	0,7	195,1	213	140,6	227,3	433,9	332,8	6,8	17,3	1598,3
2009	4,8	5,5	0,3	3,1	245	162,8	143,2	113,9	107,5	106,7	31,2	47,8	971,8
2010	1,1	0	1	111,9	302,5	323,6	223,9	643,4	425,8	157,9	45,3	0,5	2236,9
2011	3	3,2	5,3	2,1	123,1	218,5	322,7	265,2	127,2	241,2	32,3	31,5	1375,3
2012	15,7	8,3	5,4	29	139,9	200,7	111,2	196,4	126,6	128,5	4,6	22,7	989
2013	8,2	6,3	0,1	1,7	227,3	136,2	216,5	88	379	352	59,1	23,7	1498,1
2014	3,9	4,9	3,5	0,9	106,3	79,3	14,4	109,1	306,2	232,8	50	2,3	913,6
2015	12,9	0,8	7,2	9,5	12,6	174,8	111,9	49,1	121	209,8	58,2	11,5	779,3
2016	0	5,9	0,3	7,2	214,9	276,5	87,1	87,9	92,8	245,7	58,7	68,5	1145,5
2017	12	1,4	14,33	32,6	129,7	197,5	140,3	164,7	227,5	229,1	57,8	17,2	1224,1269
Suma	312,9	151,4	91,03	410,2	4694	5923,552	4210,24138	4942,241	6825,103	6885,411	1733,483	514,9655	36694,527
Media	10,43	5,05	3,03	13,67	156,47	197,45	140,34	164,74	227,50	229,51	57,78	17,17	1223,15
Max	32,6	16,4	14,33	111,9	338,1	484,7	322,7	643,4	433,9	603,2	261,7	68,5	2236,9
Min	0	0	0	0	2,4	79,3	14,4	34,4	92,8	59,5	4,6	0,5	723,4

Tabla 30. Datos históricos de precipitaciones de la estación Juigalpa, 1988–2017

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES													
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA													
Estació				LA LIBERTAD				Código:		61021			
Departamento:								Municipio:		LA LIBERTAD			
Latitud:				12°12'30"				Longitud:		85°10'36"			
Años:				1988-2017				Elevación:		467 msnm			
Parámetro:				Precipitación (mm)				Tipo:		HMO			
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem	Octubre	Noviemb	Diciembre	Suma
1988	123,5	41,3	4,5		162,7	269	307,5	296,7	177,4	168	48,6	99,3	1698,5
1989	116,2	94,5	47,6	2,8	88,7	172,5	234,9	137	317,5	193	138,5	31,1	1574,3
1990	18,9	21,3	38,6	29,6	114,6	192,7	247,5	79,3	120,4	213,5	156,9	116,3	1349,6
1991	97,5	68,3	32,8	59,7	177,9	219,6	338,6	301,1	64,7	235,4	100,5	120,6	1816,7
1992	23,8	24,8	16,2	0,3	154	134,2	406,2	261,4	274	175,6	82,1	117,3	1669,9
1993	55	13,3	3,3	25,1	277,1	145,1	326,2	299,4	389,3	168,7	93,3	60,4	1856,2
1994	81,1	62,5	5,8	9,3	105,8	141,3	323,9	159,5	202	216,1	84,8	67,5	1459,6
1995	39,3	31	0	109,4	88,7	371,8	217,1	129,2	199,4	247,4	124,5	68,9	1626,7
1996	65,5	18,9	26,1	1,1	182,7	310,6	264,2	305,3	195,3	196,3	227,7	53,1	1846,8
1997	126,2	72,6	31,7	41,4	9,7	369,5	312,4	233,2	212	225,3	97,7	10,3	1742,0
1998	0	0	5,8	0	87,9	253,8	156,8	189,2	122,2	235,5	67,9	69,2	1188,3
1999	81,1	62,5	5,8	9,3	79,8	222,3	235,1	280,2	279,4	154,4	35,1	35,1	1480,1
2000	23,3	23,3	5,2	15,9	72,8	251,6	109,3	362,2	215,6	156,5	133	50	1418,7
2001	27,3	62,3	4,1	14,8	88,3	224,2	288,2	185,8	183,7	159,5	65,2	85	1388,4
2002	66,9	50,6	3,6	44,5	144,1	199	392,4	171,8	288,3	158,9	102,8	41,9	1664,8
2003	25,6	24,6	47,4	69	144,5	345,3	443	233,4	113,8	141,4	117,7	68,4	1774,1
2004	91,6	102,3	162,6	121,6	83,6	232,8	432,4	277,2	198,6	112,7	402,2	109,9	2327,5
2005	54,4	5	6,8	2,5	53,6	404,5	229	173,2	152,4	263,9	251,5	60,5	1657,3
2006	122,9	38	2,8	0	27,1	116,9	203,8	37,8	51,4	119,2	38,9	23,9	782,7
2007	38,8	10,7	34,2	38,7	92,7	103,7	194,1	60,8	267,8	145,4	203,6	57,8	1248,3
2008	134,8	19,4	18,7	4,2	155,1	312,4	255,9	203,3	61,6	355,6	39,5	51,4	1611,9
2009	83,8	23,3	6,2	9,8	179,4	323,8	463,1	197,4	127,8	176,1	90,6	50,6	1731,9
2010	12,9	20,1	16,8	6,4	246,9	202,9	229,5	183,2	232,2	18,5	22,5	11,9	1203,8
2011	17,5	18,4	1	0	28,4	144,7	200,8	130,6	125,3	183,6	36,9	19,3	906,5
2012	74,2	40,2	29,2	32,1	130,3	253	280,3	218,6	219,4	200,3	115,2	86,8	1679,6
2013	17,1	25,4	6,1	0,9	21,3	150,9	230,9	75	111,9	164,6	30,8	22	856,9
2014	28,1	17	9,9	0,9	111,8	216,2	122,9	112,1	133,1	150,8	29,5	110,2	1042,5
2015	61,0	36,7	21,2	25,0	115,2	232,8	275,8	196,1	186,5	182,8	108,8	62,9	1504,8
2016	52,0	23,5	15,9	13,1	120,1	215,6	250,4	153,0	162,8	175,3	75,3	52,5	1309,6
2017	53,8	38,3	12,6	30,9	116,5	257,7	279,0	231,7	218,3	187,3	104,5	55,4	1586,0
Suma	1814	1090,1	622,56	718,27	3461,3	6990,3	8251,11	5874,72	5604,2	5481,6	3226,08	1869,597	45003,9082
Media	60,47	36,34	20,75	24,77	115,38	233,01	275,04	195,82	186,81	182,72	107,54	62,32	1500,13
Max	134,8	102,3	162,6	121,6	277,1	404,5	463,1	362,2	389,3	355,6	402,2	120,6	2327,5
Min	0	0	0	0	9,7	103,7	109,3	37,8	51,4	18,5	22,5	10,3	782,7

Tabla 31. Datos históricos de precipitaciones de la estación La Libertad, 1988–2017

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES													
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA													
Estación: CAMOAPA / BOACO				Código: 55017									
Departamen: BOACO				Municipio: CAMOAPA									
Latitud: 12°23'00"				Longitud: 85°30'54"									
Años: 1988-2017				Elevación: 470 msnm									
Parámetro: Precipitación (mm)				Tipo: PV									
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1988	36,2	20,8	6,5	6	155,5	179,6	154,4	227,1	246,2	175,6	47,1	51,8	1306,8
1989	24,6	26,4	4	0	138,9	115,8	228,6	202,2	273	73,4	62,4	18,9	1168,2
1990	29,8	30	9,4	0,1	115,9	209,6	125,5	119,6	75,6	144,9	109,2	38,5	1008,1
1991	22,2	9,7	0	0	294,1	119,4	147,8	46,5	117,1	181	65	44,3	1047,1
1992	11,3	12,4	3,6	4,2	111	196,5	273,1	135,3	204,8	117,3	44,2	36,7	1150,4
1993	21,2	8,1	0,3	5,5	508,7	192,4	120,2	300,9	465,1	145,6	94,3	31,7	1894
1994	31,3	13,2	8,4	0	166,9	84,8	123,5	89,3	208,7	195,7	99,2	36	1057
1995	17,6	9,6	57,3	65,1	156,5	361,6	81,1	288,1	214,6	178,7	104,1	43,4	1577,7
1996	33,1	11,5	20,5	0,1	190,7	307,8	255,3	374,3	175	291,4	198,2	33,3	1891,2
1997	36,6	37,5	35,4	13,4	27,8	353,1	246,8	178,2	123,9	300,8	89,8	3,7	1447
1998	12,6	0	0	0,6	78,7	153,5	80,9	166,7	207,1	461,8	198	83,1	1443
1999	58,8	37,3	27,2	10,2	72,9	196,8	181	176,2	219,2	168,3	104,2	12,2	1264,3
2000	48,3	26,9	7,3	10,7	109,4	253	192,8	133,3	517	90,4	94,7	11,3	1495,1
2001	12,6	48,3	0,2	8,1	110	190,1	241,4	212,4	273,5	161,2	9,6	31,6	1299
2002	78,2	56	18,9	5,9	226,1	298,2	302,3	188,1	144,4	163,7	66,2	31,2	1579,2
2003	8,3	10,8	3,9	12,6	195,8	380,3	196,9	180,1	164,5	187,9	57,1	22,8	1421
2004	47,7	41,8	36,1	49,4	222,8	195,2	213,2	119,9	110,4	93,2	120,9	27,6	1278,2
2005	20,8	6,7	1,6	62,4	190,8	354,5	250,2	186,4	229,3	282,3	77,6	31,2	1693,8
2006	101,8	41,1	23,6	3,1	26,8	141,7	208,2	111,4	62,1	156,7	81,2	50,7	1008,4
2007	15,6	10,2	0,7	44,7	149,6	126,1	213,7	278,8	226,5	413	147,9	60,8	1687,6
2008	55,7	7,1	4	7,9	264,6	350,9	261,5	150,5	189	354,5	8,3	34,9	1688,9
2009	27,4	27,4	59,3	7,5	167,9	136,4	163,9	149,3	55,6	211,9	23,1	23,3	1053
2010	2,3	9	0	163,8	303,2	177,3	233,9	522,4	302,6	48,6	88,8	17,6	1869,5
2011	26,7	15,4	10,3	8,2	222,4	153,4	278,4	162,8	152,2	125,5	74,1	130	1359,4
2012	89,8	68,3	17	44,6	94	223,6	220,5	228,1	172,8	184,3	18,4	53	1414,4
2013	34,8	23,4	14,2	21,4	172,0	218,1	199,8	197,1	205,2	196,3	83,3	38,4	1404,092
2014	40,7	28,0	14,1	32,2	175,4	228,5	226,9	201,5	200,4	190,7	67,9	40,3	1446,542
2015	39,1	26,2	18,5	18,6	136,6	251,6	198,0	185,0	203,8	210,2	100,1	32,2	1419,608
2016	24,9	37,1	15,8	26,4	185,8	316,4	115,3	106,2	210,2	172,8	97,8	56,6	1365,4
2017	37,6	4,5	40,7	52,7	181,1	235,9	209	83,5	272,2	295	118,8	17,7	1548,9
Suma	1047,6	704,8	458,8	685,3	5151,9	6702,0	5944,1	5701,1	6222,0	5972,6	2551,6	1144,8	42286,8
Media	34,9	23,5	15,3	22,8	171,7	223,4	198,1	190,0	207,4	199,1	85,1	38,2	1409,6
Max	101,8	68,3	59,3	163,8	508,7	380,3	302,3	522,4	517	461,8	198,2	130	1894
Min	2,3	0	0	0	26,8	84,8	80,9	46,5	55,6	48,6	8,3	3,7	1008,1

Tabla 32. Datos históricos de precipitaciones de la estación Camoapa, 1988–2017

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES													
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA													
Estación LA FLOR /								Código: 55039					
Departam: BOACO								Municipio: LA FLOR					
Latitud: 12°23'42"								Longitud 85°17'30"					
Años: 1988 - 2017								Elevación: 360 msnm					
Parámetro: Precipitación (mm)								Tipo: PV					
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1988	92,5	69,2	14,2	24,6	182,8	444,7	238,8	280	331	190,1	77,6	157,6	2103,1
1989	72,3	27,6	0	0,8	0	223	510,2	117,2	342	153,3	93,7	55,9	1596
1990	164,5	77,8	0	0	172,7	199,7	321,5	191,3	164,2	225,7	173,6	77	1768
1991	45	53,1	0	22,9	102,3	238,1	358,7	305,6	220,5	244,3	145,3	62,0	1797,82
1992	34,5	54,2	23,9	0	147,5	103,4	450,4	292	225,4	207,5	95,1	150,8	1784,7
1993	61,5	11,1	14,5	52,6	376,9	180,5	278,7	505,2	566	178,5	282,1	92,8	2600,4
1994	73,3	80,2	43	24,9	114,9	211	271,9	254,5	211,9	228,7	137,7	60,5	1712,5
1995	26,3	38,1	45,9	104,6	145,6	269,3	276,6	213,2	111,5	225,5	214,6	110,1	1781,3
1996	73,5	7,5	43	4,5	320,8	200,6	325	178	209,9	332,6	280,4	20,7	1996,5
1997	73,4	100,1	17,6	0	54,4	428,9	609,3	345,9	186,7	315	340,4	10,9	2482,6
1998	0	0	0	0	29,8	38	101	161,7	209	394,2	130,3	29	1093
1999	37,6	69,9	45,6	11,6	55,2	190,8	100	311,6	270,7	327,4	240,8	22,9	1684,1
2000	79,4	52,4	16,5	24,2	115,2	268	289,2	219,1	360,8	300,4	102,6	61	1888,8
2001	64,9	143,8	0	0	50,2	90,6	357,7	539,9	244,4	191,6	29,2	61,5	1773,8
2002	27,6	34,8	7,2	4,3	49,8	463,5	833,7	518,2	249,3	132,6	108,7	85,7	2515,4
2003	9,1	10,8	0,4	0	156	783,2	726,2	644,9	470,1	378,8	61,8	61,2	3302,5
2004	30,7	15,6	0	5	123,5	176,1	214,5	208,1	237,9	214,7	155,4	68,5	1450
2005	104,2	12,3	0	0	60,5	573	389	439,4	389,3	348,8	241,1	123,7	2681,3
2006	213	28,7	13,1	9,8	73,5	177,7	204,8	138,1	148,3	306,5	132,3	58,4	1504,2
2007	64,8	30,7	39	0	89,5	225,6	237,6	298,7	150,7	323,9	47,2	58,4	1566,1
2008	0	0	8,3	6,9	215,3	330,3	227,8	335,8	252,8	322,4	121,3	55,7	1876,6
2009	19,8	0	0	0	84,3	123,5	96,1	151,5	98	182,6	145,5	54,4	955,7
2010	36,4	26	8,3	33,9	158	257,6	428,9	410,8	381,6	205,2	91,4	62,9	2101
2011	60,7	58,7	0	0,3	109,6	69,1	536	290,9	198	123,1	119,7	50,8	1616,9
2012	89,3	106,1	0	39	106,4	297,3	386,6	361,5	256,4	248,2	114,0	67,4	2072,1
2013	62,2	44,3	13,6	14,8	124,5	261,1	349,3	306,3	259,6	252,2	148,7	69,1	1905,8
2014	61,6	40,3	7,6	9,9	108,3	292,6	377,0	347,4	264,1	252,2	115,6	67,1	1943,6
2015	65,2	47,2	18,4	21,4	149,8	230,7	340,2	258,6	252,6	245,0	179,2	75,2	1883,3
2016	60,6	40,0	7,7	9,7	110,6	290,1	380,4	350,0	256,9	248,5	120,7	68,0	1943,2
2017	46,9	68	24,4	27,4	121,7	238,3	269,7	422,5	336,3	258,8	204,2	24,8	2043
Suma	1850,7	1348,5	412,2	453,0	3709,6	7876,3	10486,7	9397,9	7855,8	7558,4	4450,2	2024,0	57423,2
Media	61,7	44,9	13,7	15,1	123,7	262,5	349,6	313,3	261,9	251,9	148,3	67,5	1914,1
Max	213	143,8	45,9	104,6	376,9	783,2	833,7	644,9	566	394,2	340,4	157,6	3302,5
Min	0	0	0	0	0	38	96,1	117,2	98	123,1	29,2	10,9	955,7

Tabla 33. Datos históricos de precipitaciones de la estación La Flor, 1988–2017

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA													
Estación:		LOVAGO				Código:		69024					
Departamento:		BOACO				Municipio:		LOVAGO					
Latitud:		12°00'00"				Longitud:		85°10'00"					
Años:		1988-2017				Elevación:		90 msnm					
Parámetro:		Precipitación (mm)				Tipo:		PV					
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1988	39,2	0	0	0	298,6	519,3	193,7	398,4	384,8	269,7	156,8	59,9	2320,4
1989	35,6	11,3	5	0	108,9	225	156,3	167,5	279,3	64,8	40,9	7,6	1102,2
1990	47,5	3,3	2,3	23,8	98,6	247,7	128,9	337,8	180,2	186,2	59,2	41	1356,5
1991	33,5	11,6	6	24,7	151	140,6	133,8	156,2	309,9	297,4	72,1	44,3	1381,1
1992	0	3,3	2,5	14,8	236,7	164,9	256,2	0	252,8	135	27,7	48,1	1142,0
1993	50,1	0,2	0,1	41,1	354,9	258	167,1	174,4	416,2	211,7	37,4	14	1725,2
1994	35,8	21	0,6	50,2	81,1	159,7	140,8	110,7	145,1	216,1	64,4	46,3	1071,8
1995	9,2	7,3	39,1	58,3	108,3	209,9	212,5	288,2	323,6	239,5	65,4	54,6	1615,9
1996	56,1	4,6	3	1,7	231,5	300,8	183,6	279,1	224,8	267,8	216,4	8,8	1778,2
1997	27,7	11,1	11,4	79,3	12,1	397	253,3	98,5	240,2	291,9	127,9	20,7	1571,1
1998	3,2	0,2	0,9	0,8	92,7	169	140,4	113,3	262,6	511,4	249,1	90,6	1634,2
1999	39,2	25,2	10,2	12,6	160,3	294	209,1	170,7	421	418,5	17,3	6,2	1784,3
2000	59,7	19,7	4,1	76,7	83,7	293,2	148,8	245,5	378,5	242,7	87,6	19,2	1659,4
2001	5,9	34,2	0	0	194,4	197,6	174,2	170,9	344,7	239,6	41,8	15,8	1419,1
2002	24,2	13,5	6	31,3	397,3	319,9	204,3	129	236,5	222,3	109,4	13,5	1707,2
2003	15,2	3,2	5,7	3,8	113,4	472,5	199,1	120,5	212,3	241,2	87,4	23	1497,3
2004	55,2	21	16,3	11,5	191,8	191,6	155,9	212,4	267	187,9	141,1	7,6	1459,3
2005	2,2	0	0,8	0,4	304,7	577,8	216,2	298,6	282	404,7	171,8	19,4	2278,6
2006	39,5	15	7	7,7	89,2	211,5	187,8	85,9	166,7	97,3	94,4	45,4	1047,4
2007	36,2	10,1	2,5	14	96,9	141	280,6	474,1	248,5	467,5	112,8	10,5	1894,7
2008	14,4	4,3	0	8,1	232,1	382,6	140,7	278,3	282,5	485,7	24,7	0	1853,4
2009	3,6	4,2	23,2	15,6	97,9	361,2	271,2	85,5	8,4	79,1	112,5	37,1	1099,5
2010	1,3	0	0,9	75,9	216,1	389	326,2	773,7	335,2	166,2	72,1	17,1	2373,7
2011	13,1	7,1	3,6	40,8	139,6	325,4	407,9	331,6	184,2	422,7	27,5	13,2	1916,7
2012	54,7	23,9	9,7	39,5	170,5	289,6	203,7	229,2	266,1	265,3	92,4	27,7	1672,2
2013	28,1	10,2	6,4	25,3	170,5	289,6	203,7	229,2	266,1	265,3	92,4	27,7	1614,5
2014	33,6	9,1	6,6	29,5	155,3	259,9	178,8	195,4	293,8	257,9	94,0	35,5	1549,4
2015	30,7	15,5	5,5	43,5	86,9	252,7	169,5	89,3	148,1	258,1	109,1	1,8	1210,7
2016	30	17,9	3,6	39,6	229,5	468	114,3	65,6	207,7	136,5	97,5	64,7	1474,9
2017	29,7	5,2	18,5	55,5	161,8	331,4	145,1	114	247,8	390,4	122,3	23,2	1644,9
Suma	854,4	313,3	201,5	826,0	5066,2	8840,3	5903,7	6423,5	7816,6	7940,4	2825,4	844,4	47855,8
Media	28,5	10,4	6,7	27,5	168,9	294,7	196,8	214,1	260,6	264,7	94,2	28,1	1595,2
Max	59,7	34,2	39,1	79,3	397,3	577,8	407,9	773,7	421	511,4	249,1	90,6	2373,7
Min	0	0	0	0	12,1	140,6	114,3	0	8,4	64,8	17,3	0	1047,4

Tabla 34. Datos históricos de precipitaciones de la estación Lovago, 1988–2017

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES													
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA													
Estación: LA PALMA		Código: 69053											
Departamento: JUIGALPA		Municipio: JUIGALPA											
Latitud: 12° 01' 57" N		Longitud: 85° 15' 47" N											
Años: 1988 - 2017		Elevación: 160 msnm											
Parámetro: Precipitación (mm)		Tipo: PV											
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1988	36,1	9,2	0	0	68,7	356,2	273,7	419,8	664,7	382,3	26,5	34,9	2272,10
1989	62,3	18,7	6,5	1,3	53,1	96,4	167	218,9	384,4	126,8	65,1	20,8	1221,30
1990	21,9	0	3,3	11,4	284,8	237	139,2	177,3	63,5	212,4	78,2	28,1	1257,10
1991	35,6	3,6	0	0	258,2	203,2	84,2	166,2	86,5	119,4	18,8	20	995,70
1992	10,6	1,4	1,4	0	56,4	162,4	276,2	132,6	347,7	100	49,3	27	1165,00
1993	12,6	4,3	0,2	37	394,7	215,7	130,4	162,3	448	150,4	38,6	10,3	1604,50
1994	24,7	18,6	0	141,3	73	61	50,6	41,4	243,5	186,3	62,7	47,2	950,30
1995	9,2	0	60,6	33,6	46,2	354,1	236,4	324,7	293,2	311,6	75,3	14,9	1759,80
1996	48,7	0	7,9	2,3	208,3	194,6	149,9	437,4	166,8	386,7	246,7	8,6	1857,90
1997	20,4	10,2	5,9	8,1	8,1	358,9	197,5	126,5	208,9	187,7	30,2	20,3	1182,70
1998	2,9	0	0	0	51,9	227,5	78,6	129,2	167,3	239,7	121,6	46,1	1064,80
1999	21,7	25,1	6,8	18,3	128,1	170,9	216,1	105,7	255,8	271,6	25,4	6,2	1251,70
2000	28,7	7,1	4	0	53,8	227,2	111,1	124,2	266,1	127,0	37,9	15,6	1002,70
2001	3,4	11,6	0,0	0	198,6	79,6	152	76,3	338	177,7	21,5	1,2	1059,90
2002	0,2	1,1	1,0	7,8	371,4	400	198,7	84,1	200,4	138,5	60,8	7,4	1471,40
2003	3	0,0	4	0	36,6	339,8	344,5	220,1	376,1	159,6	109,2	15,1	1608,00
2004	21,7	12,7	4,7	1	126,5	193,2	147	140,9	180,3	196,7	33,4	0,2	1058,30
2005	0	0	0	39,0	331,6	66,1	113,3	259,2	218,5	362,7	94,3	20,6	1505,30
2006	20,7	0	0	9	96,4	151,9	76,5	56	108,4	64,4	0	0	583,30
2007	6	0,0	0	10,7	99,5	61,4	156,4	287,8	190,0	405,4	103,3	0	1320,50
2008	14,1	20,6	0	22	232	227,0	168,8	205,8	360,6	212	13,8	14,5	1491,20
2009	8,3	7,4	0	0,9	155,2	184,7	256,7	151,4	33,3	136,1	30,6	0	964,60
2010	2,1	0,0	0,0	92,8	267,7	213,8	212	964,6	259,4	181,3	44	1,9	2239,60
2011	11,6	4,8	0	0,5	111,4	240	420,5	132,7	231,7	302,4	37,6	30,8	1524,00
2012	8,2	5,3	4,3	7,9	87,8	178,3	241,9	318,4	218,5	269,7	0	1,8	1342,10
2013	6,0	4,2	17,8	0	135,4	306,5	298,1	116,5	306,4	427,6	21,7	28,7	1668,90
2014	14,2	5,2	0,3	17,5	6	197	121,5	221,7	343,5	141,9	99,1	9,1	1177,00
2015	20	6,4	16,1	0	0	232,3	143,6	74,9	245,8	318,1	15,8	0,0	1073,00
2016	0	6,6	0	39	113,8	221,6	171,3	76,1	204,4	345,6	94,4	43,5	1316,30
2017	15,4	1,8	36,9	36,2	186,3	217,1	143,6	45,0	221,3	223,2	21,9	8,3	1157,00
Suma	119,8	65,3	13,7	183,7	2080,7	2384,7	2357,5	2703,1	2762,8	2463,8	586,4	107,3	15828,8
Media	10,0	5,4	1,1	15,3	173,4	198,7	196,5	225,3	230,2	205,3	48,9	8,9	1334,5
Max	28,7	20,6	4,7	92,8	371,4	400,0	420,5	964,6	376,1	405,4	109,2	30,8	2239,6
Min	0	0	0	0	36,6	61,4	76,5	56	33,3	64,4	0	0	583,3

Tabla 35. Datos históricos de precipitaciones de la estación La Palma, 1988–2017

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES													
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA													
Estación: LA GUAPINOLAPA							Código: 69083						
Departamento: JUIGALPA							Municipio: JUIGALPA						
Latitud: 11° 59' 09" N							Longitud 85° 28' 57" W						
Años: 1988 - 2017							Elevación: 50 msnm						
Parámetro: Precipitación (mm)							Tipo: PV						
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1988	8,7	2,2	0,0	33,4	198,7	327,3	163,1	393	149,5	427,7	79,6	16,1	1799,30
1989	10,2	4,8	0,0	0	82,3	143,3	208,6	179,5	422,3	222,4	58,5	0,9	1332,80
1990	21,1	2	0,0	0	79,7	227,2	151,1	155,2	318,9	292,2	61,7	10,4	1319,50
1991	14,4	5,2	12,7	40,7	267,8	107,7	68,9	135,3	211,4	486,8	83,5	11,2	1445,60
1992	0	0	0,0	0	44,2	161,1	209,4	116,7	307,3	180,1	50,8	8,1	1077,70
1993	39,1	0	0,0	21	560	260,2	209,8	252,4	321,4	222,4	61,9	0	1948,20
1994	7,1	12,2	0,0	30,2	134,6	131,6	48,3	52,7	162,8	380,9	82,8	22	1065,20
1995	0	0	52,2	30,7	126,2	190,1	201,5	409,1	305,6	567,6	33,5	18,9	1935,40
1996	8,7	0	0,0	0	103,7	202,4	346,9	224,3	390,8	305,4	422,5	0	2004,70
1997	9,5	5,4	0,0	62,8	32,6	250,9	121,3	88,1	316,8	371,4	173	0	1431,80
1998	0	0	4,1	0	89,3	219,8	203,6	311,7	281,9	629,4	104,8	3,8	1848,40
1999	0	0	0,0	0	186	235,7	322	342,2	678,3	534,5	93,1	0	2391,80
2000	25,5	0	0	7,1	99,6	203,7	124,2	98,1	349	231,9	89,4	0	1228,50
2001	0	0	218,1	0	0	73,8	235,6	97,8	246,7	193,8	89,5	6,2	1161,50
2002	13,3	0	0,0	9,5	284,8	215	82,1	136,5	268,4	161,4	49,7	5,1	1225,80
2003	0	0,0	0	12,4	89,1	573,8	134,2	109,8	290,9	312,7	88,8	48,3	1660,00
2004	38,6	0	0	0	221,5	216,5	191	90,7	215,9	357,9	82,9	0	1415,00
2005	0	0	0	0,0	286,9	406,9	183,3	325,9	326,7	521	0	0	2050,70
2006	12,5	12,4	0	0	103,9	271,7	214,1	129,6	219,0	105,2	46,3	0	1114,70
2007	0	0,0	0	34,8	350,6	225,8	186,8	512	502,5	813,7	191,2	0	2817,40
2008	0	0	0	0	296,3	242,0	339,7	458,7	361	517	0	17,6	2232,30
2009	0	0	0	0	149,4	260,2	194,8	150,3	125,5	146,2	62,3	10,4	1099,10
2010	0	0,0	0,0	81,7	381,4	336,9	342	621,3	699,1	134,3	82,7	0	2679,40
2011	0,0	0	0	0	42,5	243,1	449	292,7	124,8	357,5	75,8	92	1677,40
2012	4	0,2	115,1	20,7	15,1	280	168,8	330,5	374,9	136,7	37,5	68,2	1551,70
2013	0,8	3,6	0	19,4	108,8	363,7	319,5	295,0	502,4	248,3	123,9	28,5	2013,90
2014	9	0,7	106,5	0	87,8	146,6	190,2	15,0	308,0	304,2	75,1	11,2	1254,30
2015	16,1	0,9	0	8,2	147,9	262,6	258,4	77,8	346,4	240,5	101,5	15,9	1476,20
2016	0	8,1	0	7,7	230,1	219,5	104,5	183,9	323,3	453,2	18,7	42,1	1591,10
2017	24,7	0	113,3	47	133,3	130,2	146,1	318,1	245,4	296,8	153,3	14,8	1623,00
Suma:	89,9	12,4	218,1	145,5	2306,0	3269,4	2676,8	3023,4	3729,5	3852,6	858,6	179,6	20361,8
Media	7,5	1,0	18,2	12,1	192,2	272,5	223,1	252,0	310,8	321,1	71,6	15,0	1678,8
Max	38,6	12,4	218,1	81,7	381,4	573,8	449,0	621,3	699,1	813,7	191,2	92,0	2817,4
Min	0	0	0	0	0	73,8	82,1	90,7	124,8	105,2	0	0	1099,1

Tabla 36. Datos históricos de precipitaciones de la estación La Guapinolapa, 1988–
2017

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES													
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA													
Estación:				PUERTO DIAZ /				Código:		69073			
Departamento:								Municipio:		PUERTO DIAZ			
Latitud:				11°57'54"				Longitud:		85°30'39"			
Años:				1988 - 2017				Elevación:		50 msnm			
Parámetro:				Precipitación (mm)				Tipo:		PV			
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1988	13,9	0,1	0	0,3	139,8	372,9	326,8	585,5	460,2	484,9	88,1	32,9	2505
1989	23	35	1	0	40	164	259	368	605	231	40	0	1766
1990	15	0	22	44	35	113	3	310	210	348	118	8	1224
1991	0	13	0	14	361	212	175	322	347	238	22	32	1737
1992	0	0	3	0	67	187	297	143	234	164	125	47	1266
1993	32	0	0	165	498	258	333	353	282	213	62	49	2244
1994	56	43	41	42	79	296	76	149	297	391	119	43	1633
1995	58	19	48	0	82	184	357	440	311	547	89	18	2152
1996	0	29	47	46	204	357	538	356	459	206	168	26	2435
1997	62	52	0	120	131	299	165	141	260	315	113	3	1660
1998	0	0	0	0	81	115	188	323	394	701	69	35	1905
1999	1	0	0	0	224	398	300	348	549	630	0	0	2450
2000	0	0	0	0	261	183	196	669	719	478	100	0	2606
2001	0	23	0	0	171	280	293	122	424	208	35	11	1566
2002	10	7	3	7	270	179	93	177	230	266	26	0	1267
2003	0	9	3	6	91	473	329	335	241	353	138	65	2041
2004	37	2	0	0	209	164	210	109	245	298	34	18	1325
2005	0	1	20	0	283	383	111	279	281	527	31	0	1916
2006	19	0	0	0	66	200	163	76	193	171	23	23	932
2007	0	0	0	13	253	94	208	457	382	689	203	10	2309
2008	5	0	0	0	231	210	369	367	375	480	16	10	2063
2009	7	5	1	0	202	220	198	152	89	171	88	10	1141
2010	0	0	16	108	363	275	259	508	421	132	81	0	2162
2011	0	0	8	0	161	168	355	544	199	384	19	0	1838
2012	14	10	9	23	188	241	242	318	342	359	75	18	1839
2013	19	15	12	31	169	244	250	331	396	368	82	22	1939
2014	8,49	5,56	5,39	14,47	204,34	240,78	236,79	290,31	293,65	338,81	65,34	14,40	1718
2015	17,3	0	4,9	0	165,2	260,9	217,7	238,6	382,8	328,4	29,4	9,4	1655
2016	0	16,8	3,8	46,6	228,3	303,1	226,2	293,4	112,7	484,5	48,1	47,2	1811
2017	35,9	18,8	33,4	0	131,3	242,6	293,8	376,7	389	420	90,9	6,6	2039
Suma	433,2	304,5	280,4	678,8	5586,7	7315,6	7266,4	9480,5	10120,9	10921,9	2196,7	558,9	55144,4
Media	14,4	10,1	9,3	22,6	186,2	243,9	242,2	316,0	337,4	364,1	73,2	18,6	1838,1
Max	62,2	51,6	48,4	164,8	497,5	472,6	538,1	669,1	718,5	700,8	202,8	64,9	4191,3
Min	0	0	0	0	34,5	94,2	2,5	76,1	88,7	131,5	0	0	932,4

Tabla 37. Datos históricos de precipitaciones de la estación Puerto Díaz, 1988–2017

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES													
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA													
Estación:		TECOLOS TOTE /				Código:		69119					
Departamento:						Municipio:		TECOLOSTOTE					
Latitud:		12°15'18"				Longitud:		85°38'30"					
Años:		1988-2017				Elevación:		100 msnm					
Parámetro:		Precipitación Media (mm)				Tipo:		PV					
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1988	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	16,5	13,6	15,8	15,5	9,0	0,4	0,0	78,9
1989	0,0	0,1	10,8	0,0	97,2	477,7	176,1	17,2	78,8	291,6	0,0	10,9	1160,4
1990	12,1	0,0	0,0	0,0	144,3	107,3	103,4	159,4	2,2	280,9	20,3	14,4	844,3
1991	0,0	2,1	0,0	4,4	59,6	232,9	252,5	162,5	160,2	167,3	10,1	20,4	1072,0
1992	89,6	4,6	9,0	3,0	352,0	504,6	215,3	313,5	567,3	187,4	109,7	15,2	2371,2
1993	5,0	8,8	0,0	63,2	117,5	423,6	49,7	134,3	465,2	619,9	296,9	22,7	2206,8
1994	0,0	0,0	58,3	206,8	220,6	249,5	127,0	750,4	576,2	603,3	184,5	67,7	3044,3
1995	10,2	5,2	0,0	32,2	218,4	460,7	265,5	327,6	575,0	348,4	408,2	0,0	2651,4
1996	3,0	3,0	0,0	27,0	32,0	527,5	196,9	170,5	288,7	444,6	77,6	3,0	1773,8
1997	0,0	0,0	0,0	0,0	103,4	102,6	200,2	314,9	373,1	713,7	0,0	0,0	1807,9
1998	0,0	0,0	0,0	0,0	152,6	245,7	278,8	292,7	736,1	353,8	209,7	3,0	2272,4
1999	0,0	0,0	0,0	0,0	176,0	122,3	187,4	220,9	619,0	104,6	0,0	0,0	1430,2
2000	21,0	18,3	2,0	0,0	253,5	158,7	299,3	158,5	445,3	170,9	23,0	0,0	1550,5
2001	0,0	0,0	30,7	11,0	216,6	410,9	237,6	149,9	315,2	351,6	145,6	0,0	1869,1
2002	5,0	8,0	0,0	15,3	220,7	554,8	193,4	234,1	355,3	429,5	21,0	5,0	2042,1
2003	0,0	0,0	0,0	49,2	186,0	144,6	254,8	68,6	137,7	212,3	57,8	24,0	1135,0
2004	32,0	0,0	10,0	0,0	220,5	487,7	339,9	413,0	342,9	453,9	69,0	0,0	2368,9
2005	0,0	0,0	0,0	0,0	40,0	138,4	136,4	72,7	156,9	104,4	80,2	0,0	729,0
2006	0,0	0,0	0,0	35,2	176,0	135,2	135,9	399,1	396,7	386,4	191,2	0,0	1855,7
2007	0,0	0,0	22,0	0,0	235,9	250,1	176,2	302,2	770,1	636,5	22,0	0,0	2415,0
2008	0,0	0,0	0,0	65,0	152,9	287,3	273,2	165,0	117,7	140,9	99,3	0,0	1301,3
2009	0,0	0,0	0,0	18,0	242,7	345,2	552,8	773,3	573,2	56,0	0,0	22,0	2583,2
2010	24,5	4,2	21,1	58,5	92,7	294,0	409,5	155,0	110,0	350,7	45,0	22,8	1588,0
2011	0,0	0,0	0,0	0,6	3,0	9,8	13,2	5,0	3,7	11,3	1,5	0,7	48,8
2012	8,4	2,3	6,8	24,6	155,1	278,7	212,0	240,7	340,9	309,5	86,4	9,7	1675,0
2013	9,1	3,1	6,9	25,8	159,9	296,2	190,7	218,2	356,9	330,6	97,8	11,6	1706,9
2014	5,9	2,1	5,9	17,8	164,0	250,7	240,7	246,1	361,8	301,0	67,6	5,8	1669,4
2015	6,0	2,3	5,3	19,0	160,1	275,1	239,7	246,4	368,8	310,5	85,1	5,4	1723,7
2016	10,8	3,2	6,2	25,9	148,9	279,2	182,0	233,7	377,1	330,4	103,1	12,1	1712,6
2017	4,9	3,8	4,7	10,0	164,6	289,8	238,0	233,6	478,9	355,4	123,4	0,9	1907,9
Suma	247,5	71,1	199,6	712,5	4674,8	8357,2	6391,7	7194,7	10466,5	9366,3	2636,5	277,3	50595,7
Media	8,3	2,4	6,7	23,7	155,8	278,6	213,1	239,8	348,9	312,2	87,9	9,2	1686,5
Max	89,6	18,3	58,3	206,8	352	554,8	552,8	773,3	770,1	713,7	408,2	67,7	3044,3
Min	0	0	0	0	3	9,8	13,2	5	2,2	9	0	0	48,8

Tabla 38. Datos históricos de precipitaciones de la estación Tecolostote, 1988–2 017

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA													
Estación:		CUAPA /										69055	
Departamento:												CUAPA	
Latitud:		12°16'18"										85°23'12"	
Años:		1988 - 2017										325 msnm	
Parámetro:		Precipitación Media (mm)										PV	
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1988	49,1	26,2	0,4	36,2	125,2	278,2	282,6	302	262,8	297,2	33,8	44,5	1738,2
1989	37,7	40,2	20,9	0	52,5	248,5	230,4	162,5	381,4	23,7	79,5	16,5	1293,8
1990	42,6	24	6,2	1	137	162,6	206,2	15	198,1	222,1	118,9	52,4	1186,1
1991	9,3	18	2,5	28	209,6	242,5	158,5	103,5	25,1	178,1	23,7	50	1048,8
1992	18,7	6,3	23,5	3,5	82,9	89,6	241,4	186,9	226,5	174,6	57,3	90	1201,2
1993	29,5	6,9	4,1	6,2	266,2	150	229,1	316,9	451,5	214,7	118,4	47,2	1840,7
1994	56,7	32,7	13	15	82,4	139,3	151	129	236,8	280,2	23,1	37	1196,2
1995	27,6	26,5	10,3	54,5	78,1	182,8	163,1	411	602,7	355,4	77,7	9,9	1999,6
1996	11,7	5	6,5	0	250,2	18,2	510,5	364,3	361,3	380	142,3	29,6	2079,6
1997	69	29,4	8	76,8	6,8	481,8	267,9	151,3	60	258,9	39,4	7,7	1457
1998	10,5	0	0	0	102,7	180,4	108,7	375,4	206,1	444,9	84	99,6	1612,3
1999	36,3	6,2	4,2	0	125,2	65,7	121,9	102,9	445,3	309,9	42,5	0,8	1260,9
2000	31,3	25	12,7	5,3	113,3	222,2	226,6	177,6	318,4	157,2	0	31,4	1321
2001	21,5	46,1	1,6	3,5	145	117,6	181,3	123,4	231,8	130,9	13,4	28,6	1044,7
2002	47,1	27,7	7,6	14,3	164,4	312,6	217,6	164	175,8	127,8	49,9	27,6	1336,4
2003	31	16	17,9	10,1	166	356,2	212,2	92,1	158,1	181	91,5	62,4	1394,5
2004	72,4	33,9	65	0	210,5	146,8	149,5	111,1	179,6	231,4	110,9	44,6	1355,7
2005	21,5	0	0	0	136,1	395,8	305,1	189,1	428,3	385,5	78,6	23,9	1963,9
2006	122,9	32,5	11,7	0	56,5	187,2	128,6	154,7	126,6	172,3	54	66,8	1113,8
2007	44,7	10,7	16,2	24,9	140,6	137,3	220,6	324	367,5	335,9	135,8	0	1758,2
2008	58,1	0	0	0	322,1	343,2	283,5	300,2	346,3	516,1	9,2	68,4	2247,1
2009	46,4	29,8	0	13,5	203,8	194,5	315,4	299,4	162,3	266,9	42,7	22,7	1597,4
2010	0	0	0	135,4	373,8	237,7	360	622,4	415,9	58,7	25,6	63,2	2292,7
2011	42,4	46,1	0	5,5	80,9	501,1	391,9	189,9	199	282,9	78,4	114,3	1932,4
2012	39,1	20,4	9,7	18,1	151,3	224,7	236,0	223,7	273,6	249,4	63,8	43,3	1553,0
2013	41,7	19,6	9,8	15,4	166,1	241,5	230,6	230,0	269,0	256,7	58,7	46,5	1585,6
2014	23,5	30,4	12,9	0,0	90,7	136,6	154,2	241,9	302,0	138,0	94,8	23,6	1248,6
2015	34,5	29,1	23,7	24,1	81,0	222,7	210,7	312,2	198,9	289,2	71,5	30,5	1528,1
2016	9,1	13,3	1,2	18,3	156,1	229,7	225,4	139,3	215,6	255,3	113,1	108,0	1484,4
2017	31,5	6,9	29,0	9,3	139,5	161,6	304,2	231,3	237,8	298,8	71,1	52,9	1573,9
Suma	1117,4	608,9	318,6	518,8	4416,6	6608,6	7024,7	6747,0	8064,1	7473,8	2003,6	1343,9	46245,8
Media	39,08	20,38	9,68	18,07	151,33	224,66	235,98	223,69	273,63	249,43	63,78	43,30	1554,26
Max	122,9	46,1	65	135,4	373,8	501,1	510,5	622,4	602,7	516,1	142,3	114,3	2292,7
Min	0	0	0	0	6,8	18,2	108,7	15	25,1	23,7	0	0	1044,7

Tabla 39. Datos históricos de precipitaciones de la estación Cuapa, 1988–2017

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL													
Estación: JUIGALPA / JUIGALPA							Código: 69034						
Departamento: CHONTALES							Municipio: JUIGALPA						
Latitud: 12°06'00"							Longitud: 85°22'00"						
Años: 1988-2017							Elevación: 90 msnm						
Parámetro: Temperatura Mínima Media (C°)							Tipo: HMP						
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1988	23,3	23,5	23,7	24,1	24,8	23,5	23,4	22,9	23,2	23,2	23,3	23,2	23,5
1989	23,0	22,2	22,2	23,8	24,5	24,3	23,8	23,5	23	23,5	23,9	22,8	23,4
1990	23,5	22,9	23,5	24,4	24,8	24,4	23,8	24	23,8	22,8	23	22,9	23,7
1991	22,8	22,8	22,9	24	24,7	24,3	24,3	24,3	24	23,2	23,5	23,6	23,7
1992	23,2	23	23,6	25	24,9	24,8	23,5	23,8	23,1	23,5	23,4	23,6	23,8
1993	22,9	22,8	23	24,7	24,2	24,3	24,2	23,9	23,2	23,6	23,5	23,6	23,7
1994	23,1	23,1	23,1	24,3	24,4	24,3	24,2	24,4	24,1	23,5	23,2	23,4	23,8
1995	23,4	23,3	23,8	24,9	24,8	24,3	24,1	23,4	23,4	23,4	23,5	22,8	23,8
1996	21,9	22,5	21,6	23,1	23,8	23,6	23,2	22,5	23	23,1	23	22,6	22,8
1997	21,5	22,1	22,1	22,8	24,2	23,3	24,1	23,8	23,3	23,5	23,6	22,8	23,2
1998	23,2	23,0	24,1	24,8	25,4	24,4	24,0	23,8	23,2	23,3	23,6	23,3	23,8
1999	23,0	22,7	22,9	24,2	23,8	23,7	23,3	23,5	22,9	22,3	21,8	22,4	23,0
2000	22,1	22,4	22,4	23,7	23,9	23,9	23,7	23,7	22,5	23,0	23,1	22,7	23,1
2001	22,1	22,8	21,7	24,2	24,4	24,1	23,6	24,4	23,2	23,6	23,0	23,7	23,4
2002	23,1	23,2	23,4	23,8	24,4	24,3	24,4	24,3	23,3	23,5	23,5	23,6	23,7
2003	23,0	23,4	23,5	24,8	25,3	23,2	23,9	23,7	22,8	23,0	23,3	22,4	23,5
2004	21,8	22,2	23,9	24,0	24,5	24,2	23,6	24,2	23,2	23,4	23,4	23,4	23,5
2005	22,8	22,1	24,2	25,0	24,7	23,8	23,8	23,8	23,8	22,8	23,1	23,1	23,6
2006	23,0	22,8	23,4	23,8	24,4	24,3	24,4	24,4	23,9	24,1	23,0	24,0	23,8
2007	23,9	22,9	24,4	25,0	24,9	24,0	23,9	23,3	23,0	22,7	23,4	22,6	23,7
2008	22,8	22,7	23,0	24,1	23,9	23,8	23,9	23,7	23,3	23,5	23,2	23,6	23,5
2009	23,1	22,9	22,9	24,3	24,6	24,1	24,5	24,4	24,4	24,1	24,0	23,7	23,9
2010	23,0	23,9	23,7	25,2	24,9	24,3	23,8	23,5	23,2	23,3	22,5	21,8	23,6
2011	23,1	23,7	23,3	24,2	25,2	24,2	24,0	23,9	23,6	23,3	23,2	23,2	23,7
2012	22,9	23,3	23,5	24,4	24,6	24,1	24,6	24,2	24,1	23,5	23,5	23,9	23,9
2013	24,0	23,3	23,3	24,8	24,7	24,6	24,1	24,0	23,4	23,5	23,6	23,3	23,9
2014	23,2	22,8	23,3	24,7	25,0	25,1	25,7	24,5	23,8	23,7	23,9	23,5	24,1
2015	23,7	23,0	23,6	25,2	25,5	25,5	24,7	25,4	24,8	24,4	24,2	24,4	24,5
2016	23,3	23,6	24,4	25,8	25,6	24,3	24,8	24,8	24,3	23,6	23,5	23,6	24,3
2017	22,5	22,4	23,3	24,5	24,7	24,0	24,1	23,8	23,9	23,8	23,3	23,4	23,6
Suma	688,2	688,4	697,7	731,5	739,4	725,1	721,5	717,8	704,6	701,6	700,0	696,9	709,4
Media	22,9	22,9	23,3	24,4	24,6	24,2	24,1	23,9	23,5	23,4	23,3	23,2	23,6
Max	24,0	23,9	24,4	25,8	25,6	25,5	25,7	25,4	24,8	24,4	24,2	24,4	24,5
Min	21,5	22,1	21,6	22,8	23,8	23,2	23,2	22,5	22,5	22,3	21,8	21,8	22,8

Tabla 40. Datos históricos de Temperatura mínima de la estación Juigalpa, 1988-2017

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL													
Estación: JUIGALPA / JUIGALPA		Código: 69034											
Departamento: CHONTALES		Municipio: JUIGALPA											
Latitud: 12°06'00"		Longitud: 85°22'00"											
Años: 1998-2017		Elevación: 90 msnm											
Parámetro: Temperatura Media (C°)		Tipo: HMP											
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1988	26,2	26,7	27,8	29,1	28,7	26,7	26,1	27	25,8	25,9	26,5	25,8	26,9
1989	25,5	25,3	26,4	27,9	28,1	26,6	26,3	26,4	25,5	26,4	26,7	25,8	26,4
1990	25,9	26,3	27,7	28,6	28,3	27,2	26,6	26,7	26,7	26	26	25,9	26,8
1991	26,2	26,5	28,2	29	28,2	27,3	27,1	26,8	26,8	26,1	26,5	26,2	27,1
1992	26,2	26,8	27,8	29,5	29,3	28,1	26,1	26,4	26	26,6	26,9	26,4	27,2
1993	26,4	27	27,7	29,1	27,5	27,2	26,8	26,4	25,7	26,7	26,8	26,5	27,0
1994	26,2	26,8	28	28,7	28,3	27	26,9	27,2	27	26,7	26,3	26,5	27,1
1995	26,6	27,1	28,1	29,2	28,9	27,3	27,2	27,1	26,6	26,4	26,5	26,1	27,3
1996	25,7	26,5	27,1	28,6	26,8	26,8	26,4	26,1	26,2	26,1	25,9	25,8	26,5
1997	25,4	26,4	26,9	28	28,8	26,4	27,1	27,4	27,3	27	26,9	26,8	27,0
1998	27,4	28,3	28,9	30,1	29,8	27,6	27,3	27,1	26,9	25,8	26,4	26,2	27,7
1999	26,2	26,2	27,1	28,3	27,5	26,7	26,5	26,5	25,8	25,4	25,8	25,7	26,5
2000	25,5	25,8	26,9	28,1	27,8	26,7	26,7	26,9	25,7	26,1	26,4	26,2	26,6
2001	25,4	26,0	27,0	28,4	28,6	26,9	26,5	27,0	26,4	26,7	26,3	26,9	26,8
2002	26,3	26,4	27,5	28,0	28,0	27,3	26,9	27,3	26,5	26,6	26,7	27,0	27,0
2003	26,5	28,0	28,5	29,4	28,8	26,1	26,7	27,1	26,7	26,4	26,6	26,1	27,2
2004	25,9	26,7	27,6	28,8	27,5	27,0	26,8	27,1	27,1	26,9	26,6	26,4	27,0
2005	26,0	26,5	29,0	29,7	28,3	26,8	27,0	26,8	26,4	25,3	26,1	26,1	27,0
2006	26,1	26,0	27,3	28,6	28,1	27,2	27,1	27,7	27,3	27,3	26,5	26,9	27,2
2007	26,8	27,2	28,4	29,1	28,7	27,2	26,6	26,5	25,9	25,4	26,2	26,0	27,0
2008	25,9	26,6	27,6	28,7	28,2	26,7	26,6	26,7	26,5	25,9	26,5	26,3	26,9
2009	26,3	26,1	27,2	28,9	28,3	27,2	27,2	27,2	27,7	27,4	27,0	27,0	27,3
2010	26,5	27,9	28,7	29,5	28,0	26,9	26,7	26,2	26,0	26,7	26,1	25,5	27,1
2011	26,4	27,0	27,7	29,0	28,7	27,1	26,6	27,0	26,9		26,6	26,2	27,2
2012	25,8	26,5	27,7	28,9	28,4	27,3	27,0	27,2	27,0	26,8	27,1	27,2	27,2
2013	27,0	27,2	28,0	29,5	28,7	27,2	27,0	27,1	26,5	26,4	26,5	26,4	27,3
2014	26,5	27,0	29,1	29,4	28,3	28,0	28,7	27,9	26,6	26,7	26,7	26,8	27,6
2015	26,7	27,2	27,9	29,6	29,3	28,4	27,7	28,6	28,1	27,9	27,5	27,9	28,1
2016	27,2	27,4	29,1	30,4	29,6	27,3	27,8	28,0	27,5	26,9	26,7	26,1	27,8
2017	25,9	27,1	27,6	29,3	27,8	27,1	26,7	27,1	27,3	26,6	27,2	26,4	27,2
Suma	786,7	802,5	834,5	869,4	851,3	813,2	806,7	810,5	798,4	767,1	796,5	791,0	812,9
Media	26,2	26,7	27,8	29,0	28,4	27,1	26,9	27,0	26,6	26,5	26,5	26,4	27,1
Max	27,4	28,3	29,1	30,4	29,8	28,4	28,7	28,6	28,1	27,9	27,5	27,9	28,1
Min	25,4	25,3	26,4	27,9	26,8	26,1	26,1	26,1	25,5	25,3	25,8	25,5	26,4

Tabla 41. Datos históricos de temperatura media de la estación Juigalpa, 1988-2017

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL													
Estación: JUIGALPA / JUIGALPA							Código: 69034						
Departamento: CHONTALES							Municipio: JUIGALPA						
Latitud: 12°06'00"							Longitud: 85°22'00"						
Años: 1998-2017							Elevación: 90 msnm						
Parámetro: Temperatura Máxima Media (C°)							Tipo: HMP						
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1988	31,3	31,8	33,5	35,3	34,6	32,2	30,6	30,6	30,5	31,2	31,3	29,6	31,9
1989	29,9	30,1	31,9	33,4	33,6	31,2	30,3	31,5	30,4	31,1	31,0	30,6	31,3
1990	30,3	31,5	32,7	34,4	33,6	31,9	31,1	31,1	32	31,2	30,6	30,8	31,8
1991	31,8	31,8	34,4	35,7	33,6	32,5	31,5	31,4	31,8	31,4	30,9	30,5	32,3
1992	30,9	32	33,1	35,1	34,9	33,9	30,4	31,1	31,3	31,4	32,2	31,3	32,3
1993	31,6	32,3	33,6	34,8	32,4	32	31,2	31	30,5	32	32	31,3	32,1
1994	31,2	31,9	33,7	34,6	33,9	31,5	31,3	32,9	32	31,8	31,3	31,1	32,3
1995	31,6	32,5	34	35,1	34,5	32,4	31,9	32	32	31,1	31,1	31,5	32,5
1996	31,4	32,3	33,6	35,5	32,2	32,3	31,6	31,8	32,5	31,4	30,5	30,7	32,2
1997	30,8	31,8	32,5	34,3	35,1	31,4	31,7	32,6	32,9	31,9	31,6	31,6	32,4
1998	33,2	34,5	35,1	36,5	35,7	32,8	32,5	32,9	32,6	30,2	31,2	30,8	33,2
1999	31,3	31,6	32,8	34,2	33,1	31,7	31,4	32,3	31,4	30,6	31,0	30,6	31,8
2000	30,3	29,1	29,8	30,1	33,5	30,9	31,7	32,3	31,3	31,3	31,4	31,2	31,1
2001	30,5	31,2	33,3	34,5	34,5	31,8	31,6	32,0	31,8	32,1	31,0	31,8	32,2
2002	31,6	31,6	33,4	34,3	33,2	32,5	31,3	32,6	32,0	32,2	31,8	32,3	32,4
2003	31,6	33,6	34,7	35,7	34,6	32,0	31,7	32,9	33,4	32,3	32,0	31,4	33,0
2004	31,5	32,7	33,0	34,6	32,8	31,8	31,9	32,5	33,3	32,6	31,3	31,2	32,4
2005	31,0	32,2	35,3	35,9	34,3	31,9	32,1	32,3	31,8	29,8	30,7	31,1	32,4
2006	31,0	31,0	32,6	35,2	33,7	32,2	32,0	33,1	33,4	32,8	31,9	31,9	32,6
2007	31,5	32,9	34,2	35,3	34,7	32,5	31,6	32,5	31,7	30,6	30,8	31,1	32,5
2008	31,0	32,3	33,7	34,7	34,2	32,0	31,6	32,4	32,6	30,8	31,5	31,2	32,3
2009	31,6	31,5	33,4	35,4	34,9	33,1	32,0	32,5	33,6	33,4	31,9	32,1	33,0
2010	31,8	33,8	35,2	35,8	33,2	32,8	31,9	32,4	31,3	32,2	31,6	30,7	32,7
2011	31,4	32,3	33,3	35,1	34,2	32,1	31,7	32,5	32,7	30,2	31,2	30,6	32,3
2012	30,4	31,5	32,9	34,5	33,8	32,6	31,5	32,5	32,7	32,2	32,1	32,1	32,4
2013	31,9	32,5	33,6	35,7	34,6	32,0	31,6	32,3	32,4	32,4	31,8	31,6	32,7
2014	31,4	32,8	34,6	35,8	35,3	32,5	33,2	33,2	32,5	31,8	31,7	31,7	33,0
2015	31,3	32,7	33,6	35,3	34,8	33,2	32,1	33,9	33,6	33,6	32,6	32,9	33,3
2016	32,7	32,8	35,1	36,3	35,6	32,3	32,5	33,7	33,4	32,4	31,4	30,4	33,2
2017	31,1	33,0	33,5	35,5	33,7	32,3	31,4	33,2	33,3	31,5	32,9	31,2	32,7
Suma	938,8	963,6	1006,1	1048,6	1022,8	966,3	949,0	970,0	966,7	949,6	944,3	937,0	971,9
Media	31,3	32,1	33,5	35,0	34,1	32,2	31,6	32,3	32,2	31,7	31,5	31,2	32,4
Max	33,2	34,5	35,3	36,5	35,7	33,9	33,2	33,9	33,6	33,6	32,9	32,9	33,3
Min	29,9	29,1	29,8	30,1	32,2	30,9	30,3	30,6	30,4	29,8	30,5	29,6	31,1

Tabla 42. Datos históricos de Temperatura máxima de la estación Juigalpa, 1988-2017

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL													
Estación: JUIGALPA / JUIGALPA							Código: 69034						
Departamento: CHONTALES							Municipio: JUIGALPA						
Latitud: 12°06'00"							Longitud: 85°22'00"						
Años: 1998-2017							Elevación: 90 msnm						
Parámetro: Humedad Relativa Media (%)							Tipo: HMP						
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1988	72	67	60	62	68	81	81	82	86	83	77	74	74
1989	73	69	62	63	67	77	76	80	85	78	76	71	73
1990	70	65	64	65	72	77	78	77	79	81	79	74	73
1991	73	68	62	65	70	81	82	82	80	80	75	74	74
1992	68	65	62	59	62	73	80	77	83	82	78	73	72
1993	70	65	63	65	79	82	80	82	85	81	80	75	76
1994	74	70	66	67	74	80	80	81	83	86	87	78	77
1995	75	69	73	68	75	86	84	86	87	89	84	83	80
1996	76	74	67	65	80	83	83	85	87	86	84	80	79
1997	79	76	74	73	73	84	81	81	82	82	81	76	79
1998	74	70	65	62	68	78	78	82	82	89	83	78	76
1999	78	76	70	67	74	79	78	82	85	86	79	76	78
2000	72	70	69	73	78	81	80	78	85	79	77	75	76
2001	76	76	68	65	69	80	81	82	87	84	78	78	77
2002	75	75	69	70	77	84	84	81	86	84	79	75	78
2003	72	68	67	67	74	86	83	80	84	86	81	74	77
2004	74	75	68	66	78	81	82	81	82	82	80	77	77
2005	76	71	70	67	77	87	85	88	88	90	83	82	80
2006	79	78	73	78	77	83	84	83	79	82	76	75	79
2007	71	70	65	68	73	81	83	85	86	89	77	73	77
2008	72	69	68	62	71	81	82	85	88	89	74	73	76
2009	74	72	68	68	79	85	82	82	81	81	81	78	78
2010	72	67	61	67	78	84	85	86	86	80	77	68	76
2011	73	71	66	64	73	83	84	83	85	87	78	77	77
2012	76	75	67	68	76	84	83	84	84	84	74	75	78
2013	75	72	67	68	76	84	84	83	87	88	86	83	79
2014	76	74	69	70	73	79	74	80	85	87	79	71	76
2015	70	67	69	66	68	78	78	76	79	83	78	75	74
2016	71	72	67	66	74	86	80	80	82	83	79	81	77
2017	77	71	71	71	80	81	81	83	86	88	80	81	79
Suma	2213	2127	2009	2005	2213	2449	2436	2457	2524	2529	2381	2283	2302
Media	74	71	67	67	74	82	81	82	84	84	79	76	77
Max	79	78	74	78	80	87	85	88	88	90	87	83	80
Min	68	65	60	59	62	73	74	76	79	78	74	68	72

Tabla 43. Datos históricos de humedad relativa de la estación Juigalpa, 1988-2017

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL													
Estación: JUIGALPA / JUIGALPA							Código: 69034						
Departamento: CHONTALES							Municipio: JUIGALPA						
Latitud: 12°06'00"							Longitud: 85°22'00"						
Años: 1998-2017							Elevación: 90 msnm						
Parámetro: Evaporación Tanque (mm)							Tipo: HMP						
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1988	177,7	176,2	179	47,7				113,4	122,3	176,4	171,8	184,7	1349,2
1989	187,5	221,5	267,2	257,4	244,5	140,8	150	152,1	129,5	150,9	141	165,3	2207,7
1990	175,2	166,3	215,7	257,6									814,8
1991													
1992													
1993													
1994						121,1	145,7	169	142,7	144,7	147,7	168,2	1039,1
1995	197,6	197,9	262,4	115,5	67,6		147,5	141,8	137,4	134,2	138,2	157,2	1697,3
1996	193,1	233,2	275,3	209,7	159	139,1	146,9	146,4	133,7	128,8	121,3	168,7	2055,2
1997	163,4	193,8	266,1	262,5	295	131	157,5	154,3	154,6	133,8	128,5	179,3	2219,8
1998	209,4	208,2	286,3	280,6	51,1	131,2	158,3	135,5	155,4	104,9	120,9	154,2	1996,0
1999	190,3	207,9	287,6	271,8	185,0	138,4	147,7	134,8	125,1	126,0	154,7	205,6	2174,9
2000	228,8	218,3	264,7	286,7	225,5	152,2	175,4	169,1	130,5	165,1	154,5	202,4	2373,2
2001	212,5	211,7	292,8	17,2		160,1	157,0	135,4	138,2	138,9	170,2	196,0	1830,0
2002	223,0	203,6	274,7	273,1	214,7	130,4	125,6	173,5	114,3	146,1	178,1	197,5	2254,6
2003	235,8	229,8	280,3	274,4	238,4	109,6	132,0	145,6	127,5	121,8	121,2	178,1	2194,5
2004	181,1	195,9	278,3	269,8	196,9	142,6	146,6	143,5	141,3	138,3	161,5	204,1	2199,9
2005	226,0	227,7	258,7	271,0	200,1	119,6	137,1	140,5	110,7	91,7	114,5	159,9	2057,5
2006	168,8	186,4	245,2	246,4	188,4	127,2	120,5	168,3	133,5	143,6	129,2	183,9	2041,4
2007	198,2	211,3	292,3	126,5		85,6	128,4	134,2	115,3	93,9	141,7	158,9	1686,3
2008	154,1	173,0	236,9		198,6	124,8	132,2	124,0	121,3	105,7	128,6	165,3	1664,5
2009	169,3	183,5	259,9	247,7	183,0	132,8	133,9	145,7	154,0	138,8	141,2	152,7	2042,5
2010	186,5	187,7	257,3	215,6	163,3	127,6	126,2	116,7	104,1	128,4	136,3	194,1	1943,8
2011	164,5	181,4	233,9	231,1	190,3	119,7	124,3	143,9	127,1	92,2	128,1	145,1	1881,6
2012	142,3	162,1	242,0	212,5	176,2	138,8	134,5	142,1	130,4	124,5	161,4	164,0	1930,8
2013	170,5	166,1	225,0	229,3	204,8	131,2	136,8	141,3	123,0	125,9	118,1	135,0	1907,0
2014	167,0	167,0	279,0	256,0	244,5	158,9	227,9	176,6	124,4	104,0	131,6	181,9	2218,8
2015	188,2	203,1	246,7	273,8	264,5	173,5	156,4	187,4	143,4	129,9	136,6	157,2	2260,7
2016	199,3	214,0	252,2	243,5	206,7	129,2	160,8	160,7	135,9	131,7	129,8	115,4	2079,2
2017	148,9	164,3	214,8	221,7	145,4	125,0	118,9	132,9	140,3	84,9	136,7	163,6	1797,4
Suma	4 859,0	5 091,9	6 674,3	5 599,1	4 243,5	3 190,4	3 628,1	3 828,7	3 415,9	3 305,1	3 643,4	4 438,3	51 917,7
Media	186,9	195,8	256,7	224,0	192,9	132,9	145,1	147,3	131,4	127,1	140,1	170,7	1 922,9
Max	235,8	233,2	292,8	286,7	295,0	173,5	227,9	187,4	155,4	176,4	178,1	205,6	2 373,2
Min	142,3	162,1	179,0	17,2	51,1	85,6	118,9	113,4	104,1	84,9	114,5	115,4	814,8

Tabla 44. Datos históricos de Evaporación de la estación Juigalpa, 1998-2017

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

Cálculo de ETP por fórmula de Hargreaves Simplificada									
Promedios Mensuales Temperatura					Radiación Extraterr.		Evapotransp. Potencial		
Mes	Temp Mx. °C	Temp Med °C	Temp Min °C	$(T_{Mx}-T_{Min})^{0.5}$	RO (MJ/m ² /d ¹)	RO (mm/d)	ETO diario (mm/d)	Días mes	ETO mens. (mm/mes)
Ene	31,29	26,22	22,94	2,89	30,9	12,61	3,7	31	114,32
Feb	32,12	26,75	22,95	3,03	33,8	13,79	4,3	28	119,78
Mar	33,54	27,82	23,26	3,21	36,5	14,89	5,0	31	155,24
Abr	34,95	28,98	24,38	3,25	38,0	15,50	5,4	30	162,63
May	34,09	28,38	24,65	3,07	38,0	15,50	5,1	31	156,83
Jun	32,21	27,11	24,17	2,84	37,6	15,34	4,5	30	134,73
Jul	31,63	26,89	24,05	2,75	37,6	15,34	4,3	31	134,54
Ago	32,33	27,02	23,93	2,90	37,8	15,42	4,6	31	142,84
Set	32,22	26,61	23,49	2,96	36,9	15,06	4,5	30	136,30
Oct	31,65	26,45	23,39	2,87	34,5	14,08	4,1	31	127,63
Nov	31,48	26,55	23,33	2,85	31,5	12,85	3,7	30	112,17
Dic	31,23	26,37	23,23	2,83	30,0	12,24	3,5	31	108,99
Anual	32,40	27,10	23,65				TOTAL		1605,99

Tabla 45. Cálculo de Evapotranspiración a través de Hargreaves Simplificado, 1998-2017

- Edafología**

Tabla 46. Prueba de infiltración El Carmen, Cuapa

Hora	Interv.	T. Acum. (min)	Lectura (cm)	R	In 2h1+R	Infiltración (mm/h)
				$\frac{R}{2(t_2-t_1)}$	$\frac{2h_2+R}{2h_1+R}$	
07:47:00 AM	0	0	17,10			
	1	1	15,90	7,50	0,05	225,05
	1	2	15,10	7,50	0,03	156,54
	1	3	14,70	7,50	0,02	80,36
	1	4	14,30	7,50	0,02	81,82
	1	5	14,00	7,50	0,01	62,36
	1	6	13,70	7,50	0,01	63,23
	1	7	13,40	7,50	0,01	64,13
	1	8	13,20	7,50	0,01	43,27
	1	9	13,00	7,50	0,01	43,69
	1	10	12,90	7,50	0,00	22,00
	2	12	12,70	3,75	0,01	22,17
	2	14	12,50	3,75	0,01	22,39
	2	16	12,30	3,75	0,01	22,61
	2	18	12,10	3,75	0,01	22,84
	2	20	11,90	3,75	0,01	23,08
	2	22	11,80	3,75	0,01	11,63

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

Hora	Interv.	T. Acum. (min)	Lectura (cm)	R	In 2h1+R	Infiltración (mm/h)
				2(t2-t1)	2h2+R	
	2	24	11,70	3,75	0,01	11,69
	2	26	11,60	3,75	0,01	11,75
	2	28	11,50	3,75	0,01	11,81
	2	30	11,30	3,75	0,01	23,81
	5	35	11,10	1,50	0,01	9,63
	5	40	11,00	1,50	0,01	4,85
	5	45	10,80	1,50	0,01	9,78
	5	50	10,60	1,50	0,01	9,89
	5	55	10,40	1,50	0,01	10,00
	5	60	10,30	1,50	0,01	5,04
	10	70	9,90	0,75	0,02	10,23
	10	80	9,60	0,75	0,02	7,83
	10	90	9,30	0,75	0,02	7,96
	10	100	9,10	0,75	0,01	5,39
	10	110	8,90	0,75	0,01	5,45
	10	120	8,80	0,75	0,01	2,75
	20	140	8,40	0,38	0,02	5,59
	20	160	8,00	0,38	0,03	5,73
	20	180	7,80	0,38	0,01	2,92
	30	210	7,40	0,25	0,03	3,97
11:47:00 AM	30	240	7,10	0,25	0,02	3,05
Valor infiltración (mm/h)						4,36

Tabla 47. Prueba de infiltración Santa Rosa, Empalme Comalapa

Hora	Interv.	T. Acum. (min)	Lectura (cm)	R	In 2h1+R	Infiltración (mm/h)
				2(t2-t1)	2h2+R	
07:53:00 AM	0	0	18,10			
	1	1	15,30	7,50	0,12	521,24
	1	2	12,50	7,50	0,13	589,63
	1	3	11,60	7,50	0,05	207,20
	1	4	9,30	7,50	0,13	577,39
	1	5	8,10	7,50	0,07	333,49
	1	6	6,30	7,50	0,12	551,71
19	1	7	17,80	7,50	0,05	208,53

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

Hora	Interv.	T. Acum. (min)	Lectura (cm)	R $2(t_2-t_1)$	In 2h1+R 2h2+R	Infiltración (mm/h)
	1	8	16,90	7,50	0,04	163,00
	1	9	16,40	7,50	0,02	93,17
	1	10	15,70	7,50	0,03	133,77
	2	12	14,40	3,75	0,06	129,75
	2	14	14,10	3,75	0,01	31,03
	2	16	12,85	3,75	0,06	134,13
	2	18	12,00	3,75	0,04	96,00
	2	20	11,70	3,75	0,02	34,88
	2	22	11,10	3,75	0,03	71,43
	2	24	10,60	3,75	0,03	61,31
	2	26	10,20	3,75	0,02	50,28
	2	28	9,90	3,75	0,02	38,46
	2	30	9,20	3,75	0,04	92,39
19,2	5	35	18,00	1,50	0,05	41,39
	5	40	17,10	1,50	0,04	32,34
	5	45	16,40	1,50	0,03	25,98
	5	50	15,85	1,50	0,02	20,95
	5	55	14,30	1,50	0,07	61,82
	5	60	13,95	1,50	0,02	14,57
19	10	70	18,10	0,75	0,03	15,55
	10	80	17,80	0,75	0,01	5,30
	10	90	17,20	0,75	0,02	10,80
	10	100	16,30	0,75	0,04	16,70
	10	110	15,70	0,75	0,03	11,49
	10	120	15,30	0,75	0,02	7,83
	20	140	14,50	0,38	0,04	8,04
	20	160	14,20	0,38	0,01	3,09
	20	180	13,70	0,38	0,02	5,24
	30	210	12,90	0,25	0,04	5,77
	30	240	12,30	0,25	0,03	4,48
16,3	60	300	11,30	0,13	0,24	17,69
12:53:00 AM				Valor infiltración (mm/h)		7,38

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

Tabla 48. Prueba de infiltración Pozo de ENACAL, Comalapa

Hora	Interv.	T. Acum. (min)	Lectura (cm)	R 2(t2-t1)	In 2h1+R 2h2+R	Infiltración (mm/h)
09:15:00 AM	0	0	18,10			
	1	1	14,50	7,50	0,15	681,97
	1	2	12,10	7,50	0,12	519,81
	1	3	10,50	7,50	0,09	383,21
	1	4	9,60	7,50	0,05	230,82
	1	5	8,50	7,50	0,07	299,20
	1	6	7,90	7,50	0,04	172,00
	19,2	7	18,10	7,50	0,04	189,32
	1	8	17,20	7,50	0,04	161,05
	1	9	16,50	7,50	0,03	129,37
	1	10	15,90	7,50	0,03	113,93
	2	12	14,70	3,75	0,05	118,45
	2	14	13,90	3,75	0,04	82,58
	2	16	13,10	3,75	0,04	85,72
	2	18	12,50	3,75	0,03	66,51
	2	20	12,00	3,75	0,03	56,97
	2	22	11,50	3,75	0,03	58,44
	2	24	11,20	3,75	0,02	35,81
	2	26	10,80	3,75	0,02	48,65
	2	28	10,50	3,75	0,02	37,19
	2	30	10,20	3,75	0,02	37,82
19,1	5	35	18,10	1,50	0,04	34,49
	5	40	17,40	1,50	0,03	24,95
	5	45	16,60	1,50	0,03	29,39
	5	50	16,00	1,50	0,03	22,69
	5	55	15,20	1,50	0,03	31,17
	5	60	14,90	1,50	0,01	11,97
18,9	10	70	18,10	0,75	0,03	13,85
	10	80	17,60	0,75	0,02	8,88
	10	90	17,00	0,75	0,02	10,89
	10	100	16,60	0,75	0,02	7,41
	10	110	16,20	0,75	0,02	7,53
	10	120	15,80	0,75	0,02	7,66
	20	140	15,00	0,38	0,03	7,86

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

Hora	Interv.	T. Acum. (min)	Lectura (cm)	R 2(t2-t1)	In 2h1+R 2h2+R	Infiltración (mm/h)
16:15:00 p.m.	20	160	14,40	0,38	0,03	6,08
	20	180	13,90	0,38	0,02	5,20
	30	210	13,10	0,25	0,04	5,71
	30	240	12,40	0,25	0,03	5,19
	60	300	11,10	0,13	0,07	5,07
	60	360	9,90	0,13	0,07	5,00
	60	420	8,80	0,13	0,07	4,90
	Valor infiltración (mm/h)					5,31

Tabla 49. Prueba de infiltración La Esperanza, Juigalpa

Hora	Interv.	T. Acum. (min)	Lectura (cm)	R 2(t2-t1)	In 2h1+R 2h2+R	Infiltración (mm/h)
09:10:00 AM	0	0	18,00			
19,20	1	1	10,20	7,50	0,37	1643,01
	1	2	6,10	7,50	0,26	1185,73
	1	3	3,30	7,50	0,23	1037,36
	1	4	16,10	7,50	0,12	555,38
	1	5	13,20	7,50	0,13	590,01
	1	6	10,60	7,50	0,13	604,00
	1	7	8,70	7,50	0,11	499,05
	1	8	6,50	7,50	0,15	656,79
18,50	1	9	16,40	7,50	0,08	378,98
17,90	1	10	14,80	7,50	0,07	311,81
	2	12	11,50	3,75	0,16	360,33
	2	14	8,60	3,75	0,17	372,64
	2	16	6,10	3,75	0,17	379,69
	2	18	15,40	3,75	0,10	233,13
	2	20	12,70	3,75	0,13	282,27
	2	22	10,50	3,75	0,12	259,45
	2	24	8,50	3,75	0,12	265,01
18,10	2	26	6,80	3,75	0,11	252,74
	2	28	16,00	3,75	0,09	192,58
	2	30	13,90	3,75	0,09	210,62
	5	35	9,60	1,50	0,22	201,88

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

Hora	Interv.	T. Acum. (min)	Lectura (cm)	R	In 2h1+R	Infiltración (mm/h)
				2(t2-t1)	2h2+R	
18,00	5	40	6,00	1,50	0,24	212,75
	5	45	13,90	1,50	0,18	157,76
	5	50	10,20	1,50	0,19	170,84
	5	55	7,00	1,50	0,20	179,47
18,00	5	60	14,50	1,50	0,15	132,87
	10	70	8,60	0,75	0,31	140,50
18,00	10	80	12,10	0,75	0,26	118,42
	10	90	6,90	0,75	0,31	138,74
18,10	10	100	12,50	0,75	0,25	111,09
	10	110	7,80	0,75	0,27	120,55
18,2	10	120	12,70	0,75	0,24	108,36
	20	140	4,50	0,38	0,52	117,17
18,10	20	160	8,50	0,38	0,47	105,75
18,00	20	180	10,20	0,38	0,37	82,15
18,10	30	210	7,20	0,25	0,55	83,21
18,10	30	240	8,10	0,25	0,50	74,30
18,00	60	300	2,50	0,13	0,94	70,21
18,00	60	360	2,60	0,13	0,93	69,46
18,20	60	420	4,80	0,13	0,74	55,27
18,10	60	480	6,30	0,13	0,62	46,34
17:10:00 p.m.				Valor infiltración (mm/h)		68,71

Tabla 50. Prueba de infiltración Piedra Grande 1

Hora	Interv.	T. Acum. (min)	Lectura (cm)	R	In 2h1+R	Infiltración (mm/h)
				2(t2-t1)	2h2+R	
10:18:00 AM	0	0	21,10			
	1	1	20,60	7,50	0,02	79,37
	1	2	20,30	7,50	0,01	48,30
	1	3	20,10	7,50	0,01	32,49
	1	4	20,00	7,50	0,00	16,33
	1	5	19,90	7,50	0,00	16,39
	1	6	19,80	7,50	0,00	16,45
	1	7	19,80	7,50	0,00	0,00

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

Hora	Interv.	T. Acum. (min)	Lectura (cm)	R	In 2h1+R	Infiltración (mm/h)
				2(t2-t1)	2h2+R	
	1	8	19,70	7,50	0,00	16,51
	1	9	19,70	7,50	0,00	0,00
	1	10	19,70	7,50	0,00	0,00
	2	12	19,50	3,75	0,01	16,61
	2	14	19,40	3,75	0,00	8,35
	2	16	19,30	3,75	0,00	8,38
	2	18	19,20	3,75	0,00	8,41
	2	20	19,20	3,75	0,00	0,00
	2	22	19,10	3,75	0,00	8,44
	2	24	19,00	3,75	0,00	8,47
	2	26	19,00	3,75	0,00	0,00
	2	28	19,00	3,75	0,00	0,00
	2	30	18,90	3,75	0,00	8,51
	5	35	18,70	1,50	0,01	6,84
	5	40	18,60	1,50	0,00	3,44
	5	45	18,50	1,50	0,00	3,45
	5	50	18,40	1,50	0,00	3,47
	5	55	18,30	1,50	0,00	3,48
	5	60	18,20	1,50	0,00	3,50
	10	70	18,00	0,75	0,01	3,52
	10	80	17,80	0,75	0,01	3,54
	10	90	17,60	0,75	0,01	3,57
	10	100	17,40	0,75	0,01	3,60
	10	110	17,30	0,75	0,00	1,81
	10	120	17,20	0,75	0,00	1,82
	20	140	16,80	0,38	0,02	3,67
	20	160	16,50	0,38	0,01	2,80
	20	180	16,20	0,38	0,01	2,83
	30	210	15,90	0,25	0,01	1,91
14:18:00 p.m.	30	240	15,50	0,25	0,02	2,59
Valor infiltración (mm/h)						3,06

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

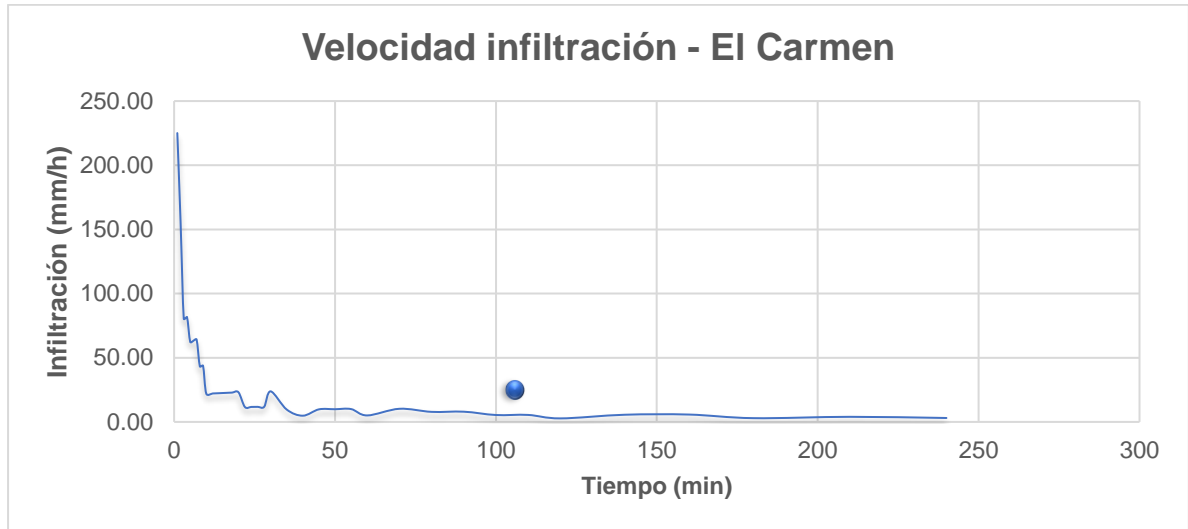


Gráfico 16. Velocidad de infiltración El Carmen



Gráfico 17. Velocidad de infiltración Santa Rosa

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

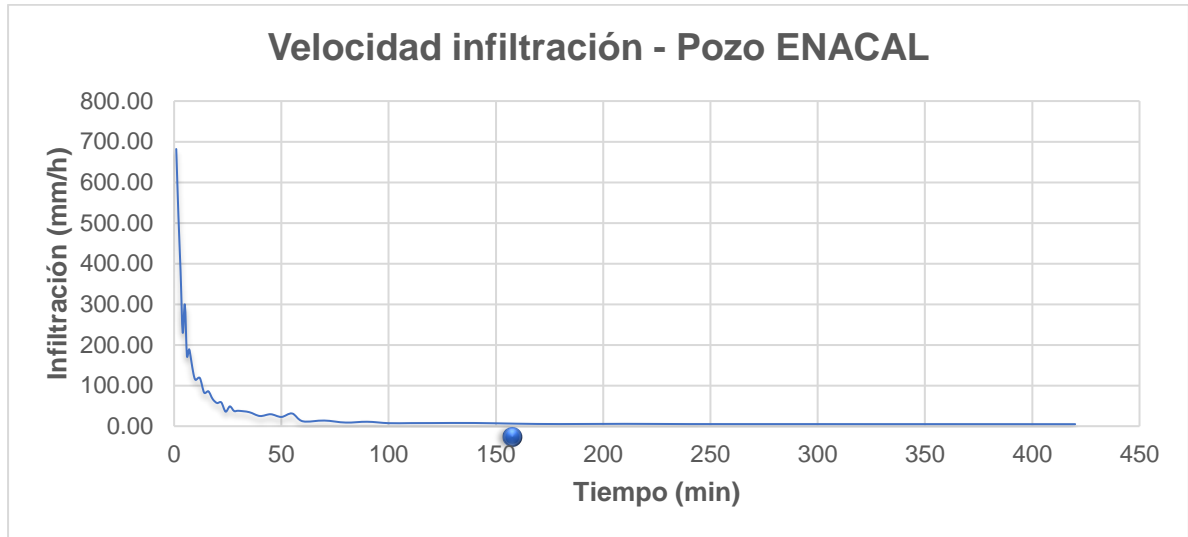


Gráfico 18. Velocidad de infiltración Pozo de ENACAL

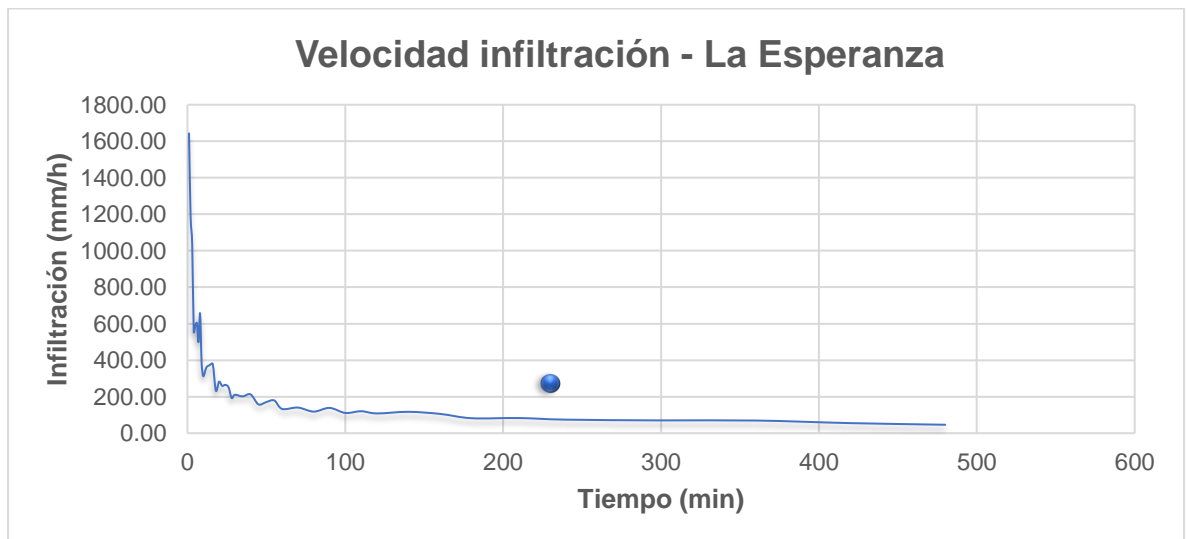


Gráfico 19. Velocidad de infiltración La Esperanza

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

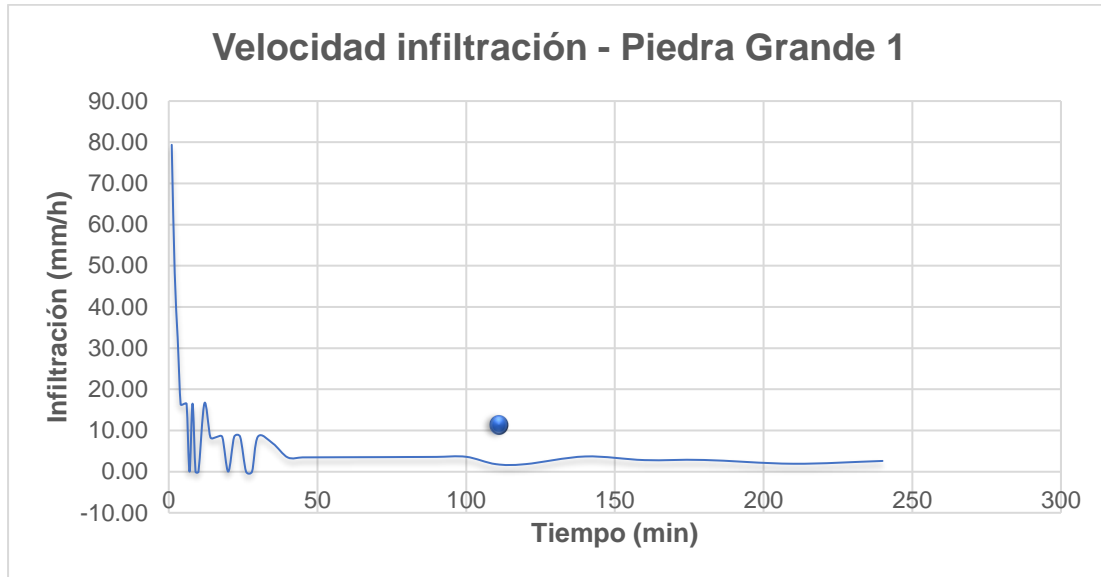


Gráfico 20. Velocidad de infiltración Piedra Grande 1

- **Geología**



Figura 54. Toba con fragmentos de sílice incrustados y presencia de fracturas

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**



Figura 55. Breccias ignimbríticas

- Hidrología**

Tabla 51. Aforo en Río La Carca

Aforo con molinete digital						
Lugar:	Río La Carca			Elev. (msnm): 80		
Coord.	679651E 1340588N					
Ancho del río (m):	10,84					
Distancia al punto inicial (m)	Profundidad (cm)	Profundidad (m)	Area (m²)	Velocidad (m/s)	Q (m³/s)	
0	3	0,03	0,015	0	0	
1	35,5	0,355	0,355	0	0	
2	120	1,2	1,2	0,1	0,12	
3	117	1,17	1,17	0,4	0,468	
4	100	1	1	0,2	0,2	
5	81	0,81	0,81	0,1	0,081	
6	58	0,58	0,58	0	0	
7	44	0,44	0,44	0	0	
8	37	0,37	0,37	0,1	0,037	
9	19	0,19	0,19	0,1	0,019	
10	3,5	0,035	0,0322	0	0	
10,84	0	0				
Total (m³/s)					0,93	

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

Tabla 52. Aforo en Río Mayales (Puente Panmuca)

Aforo con molinete digital						
Lugar:	Río Mayales (Puente Panmuca)					
Coord.	677988E 1339849N					
Ancho del río (m):	7,33					
Distancia al punto inicial (m)	Profundidad (cm)	Profundidad (m)	Area (m²)	Velocidad (m/s)	Q (m³/s)	
0	1	0,01	0,005	0	0	
1	27	0,27	0,27	0,2	0,054	
2	60	0,6	0,6	0,1	0,06	
3	85	0,85	0,85	0,3	0,255	
4	90	0,9	0,9	0,5	0,45	
5	89	0,89	0,89	0,7	0,623	
6	64	0,64	0,64	0,7	0,448	
7	9	0,09	0,05985	0,5	0,029925	
7,33	0	0				
Total (m ³ /s)					1,92	

Tabla 53. Aforo en Quebrada Las Cuacas

Aforo con molinete digital						
Lugar:	Quebrada Las Cuacas					
Coord.	661865E 1343213N					
Ancho del río (m):	16,30					
Distancia al punto inicial (m)	Profundidad (cm)	Profundidad (m)	Area (m²)	Velocidad (m/s)	Q (m³/s)	
0	6	0,06	0,03	0,2	0,006	
1	3,5	0,035	0,035	0,1	0,0035	
2	5,5	0,055	0,055	0,2	0,011	
3	6	0,06	0,06	0,4	0,024	
4	9	0,09	0,09	0	0	
5	8	0,08	0,08	0,5	0,04	
6	12	0,12	0,12	0,4	0,048	
7	6	0,06	0,06	0,4	0,024	
8	3	0,03	0,03	0,3	0,009	
9	8,5	0,085	0,085	0,1	0,0085	
10	7,5	0,075	0,075	0,5	0,0375	
11	10	0,1	0,1	0,5	0,05	
12	10	0,1	0,1	0,6	0,06	

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

13	9	0,09	0,09	0,7	0,063
14	23	0,23	0,23	0,7	0,161
15	5	0,05	0,05	0,5	0,025
16	6,5	0,065	0,04225	0,2	0,00845
16,30	0	0		Total (m³/s)	0,58

Tabla 54. Aforo en Río Cuisalá (El Llanito)

Aforo con molinete digital					
Lugar:	Río Cuisala (El Llanito)				
Coord.	662073E 1343427N				
Ancho del río (m):	17,18				
Distancia al punto inicial (m)	Profundidad (cm)	Profundidad (m)	Area (m²)	Velocidad (m/s)	Q (m³/s)
0	12	0,12	0,06	0	0
1	27,5	0,275	0,275	0,1	0,0275
2	29,5	0,295	0,295	0,1	0,0295
3	35	0,35	0,35	0,1	0,035
4	35,5	0,355	0,355	0,1	0,0355
5	43,5	0,435	0,435	0,2	0,087
6	47	0,47	0,47	0,1	0,047
7	40	0,4	0,4	0,2	0,08
8	48	0,48	0,48	0,2	0,096
9	48,5	0,485	0,485	0,2	0,097
10	48,5	0,485	0,485	0,2	0,097
11	50,5	0,505	0,505	0,2	0,101
12	62,5	0,625	0,625	0,2	0,125
13	61,5	0,615	0,615	0,2	0,123
14	61	0,61	0,61	0,1	0,061
15	54	0,54	0,54	0,1	0,054
16	36	0,36	0,36	0	0
17	4	0,04		0	0
17,18	0	0			
				Total (m³/s)	1,10

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

Tabla 55. Aforo en Río Cuisala

Aforo con molinete digital					
Lugar:	Río Cuisala				
Coord.	677079E	1334580N		Elev. (msnm):	62
Ancho del río (m):	14,49				
Distancia al punto inicial (m)	Profundidad (cm)	Profundidad (m)	Area (m²)	Velocidad (m/s)	Q (m³/s)
0	72	0,72	0,36	0	0
1	57	0,57	0,57	0,1	0,057
2	38,5	0,385	0,385	0,4	0,154
3	51	0,51	0,51	0,4	0,204
4	49	0,49	0,49	0,6	0,294
5	49	0,49	0,49	0,9	0,441
6	51	0,51	0,51	0,9	0,459
7	49	0,49	0,49	1	0,49
8	47	0,47	0,47	0,9	0,423
9	44,5	0,445	0,445	0,7	0,3115
10	34,5	0,345	0,345	0,7	0,2415
11	29,5	0,295	0,295	0,6	0,177
12	18,0	0,18	0,18	0,5	0,09
13	11	0,11	0,11	0,1	0,011
14	4,5	0,045	0,033525	0	0
14,49	0	0			
Total (m³/s)					3,35

Tabla 56. Aforo en Río Cuapa

Aforo con molinete digital					
Lugar:	Río Cuapa				
Coord.	672646E	1345479N		Elev. (msnm):	88
Ancho del río (m):	10,28				
Distancia al punto inicial (m)	Profundidad (cm)	Profundidad (m)	Area (m²)	Velocidad (m/s)	Q (m³/s)
0	1	0,01	0,005	0	0
1	5	0,05	0,05	0,2	0,01
2	12,5	0,125	0,125	0,1	0,0125
3	15	0,15	0,15	0,3	0,045
4	13,5	0,135	0,135	0,5	0,0675
5	17,5	0,175	0,175	0,7	0,1225

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

6	22	0,22	0,22	0,7	0,154
7	26	0,26	0,26	0,5	0,13
8	20	0,2	0,2	0,6	0,12
9	16	0,16	0,16	0,4	0,064
10	6	0,06	0,0384	0	0
10,28	0	0			
Total (m³/s)					0,73

Tabla 57. Aforo en Río Pirre

Aforo con molinete digital					
Lugar:	Río Pirre				
Coord.	672849E	1345084N	Elev. (msnm): 98		
Ancho del río (m):	17,30				
Distancia al punto inicial (m)	Profundidad (cm)	Profundidad (m)	Area (m²)	Velocidad (m/s)	Q (m³/s)
0	1	0,01	0,005	0	0
1	8	0,08	0,08	0,1	0,008
2	13,5	0,135	0,135	0,1	0,0135
3	16	0,16	0,16	0,2	0,032
4	25,5	0,255	0,255	0,3	0,0765
5	25	0,25	0,25	0,4	0,1
6	25,5	0,255	0,255	0,5	0,1275
7	25	0,25	0,25	0,6	0,15
8	21,5	0,215	0,215	0,5	0,1075
9	27,5	0,275	0,275	0,4	0,11
10	32	0,32	0,32	0,4	0,128
11	31	0,31	0,31	0,5	0,155
12	32	0,32	0,32	0,6	0,192
13	38	0,38	0,38	0,3	0,114
14	40	0,4	0,4	0,2	0,08
15	36	0,36	0,36	0,2	0,072
16	28	0,28	0,28	0,1	0,028
17	16,5	0,165		0,1	0
17,3	0	0			
Total (m³/s)					1,49

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

Tabla 58. Aforo en Río Apompuá

Aforo con molinete digital						
Lugar:	Río Apompuá			Elev. (msnm): 53		
Coord.	679642E 1333505N					
Ancho del río (m):	13,16					
Distancia al punto inicial (m)	Profundidad (cm)	Profundidad (m)	Area (m²)	Velocidad (m/s)	Q (m³/s)	
0	12,5	0,125	0,0625	0	0	
1	30,5	0,305	0,305	0,1	0,0305	
2	28	0,28	0,28	0	0	
3	33	0,33	0,33	0	0	
4	28	0,28	0,28	0	0	
5	36	0,36	0,36	0,1	0,036	
6	29,5	0,295	0,295	0,4	0,118	
7	26	0,26	0,26	0,5	0,13	
8	21,5	0,215	0,215	0,5	0,1075	
9	19	0,19	0,19	0,5	0,095	
10	16	0,16	0,16	0,2	0,032	
11	15	0,15	0,15	0,3	0,045	
12	10	0,1	0,1	0,2	0,02	
13	1,5	0,015	0,0087	0	0	
13,16	0	0				
Total (m³/s)					0,61	

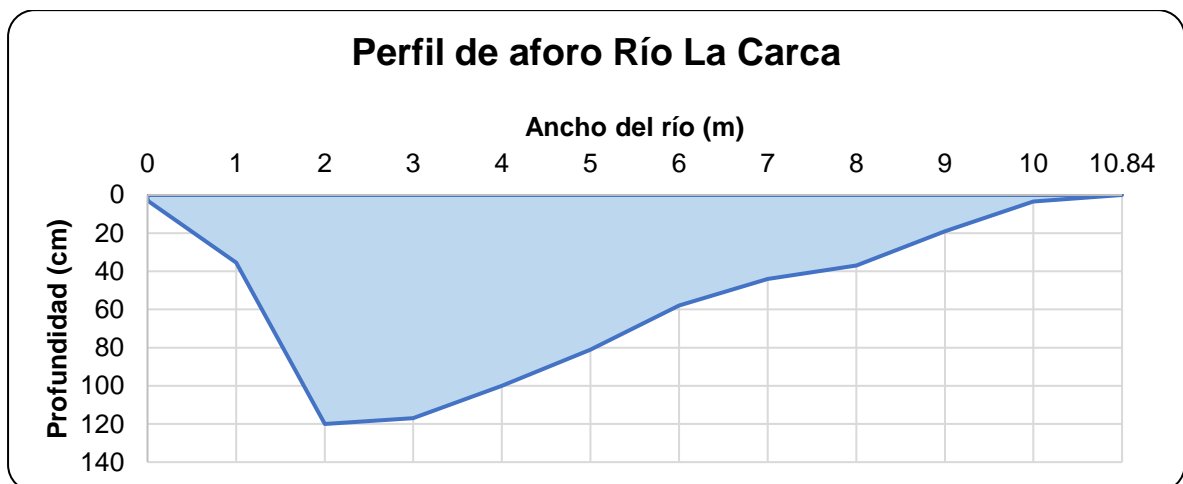


Gráfico 21. Perfil de aforo Río La Carca

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

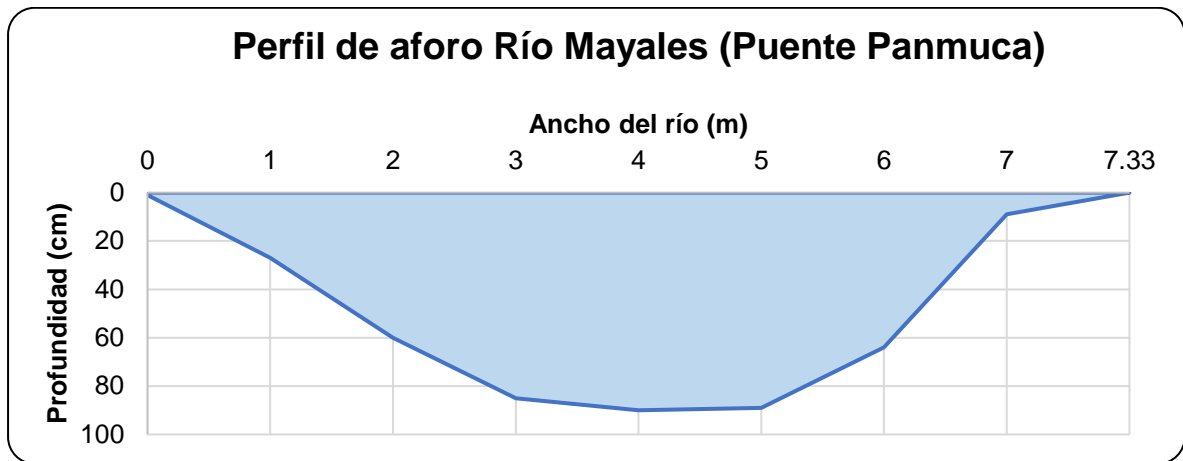


Gráfico 22. Perfil de aforo Río Mayales (Puente Panmuca)

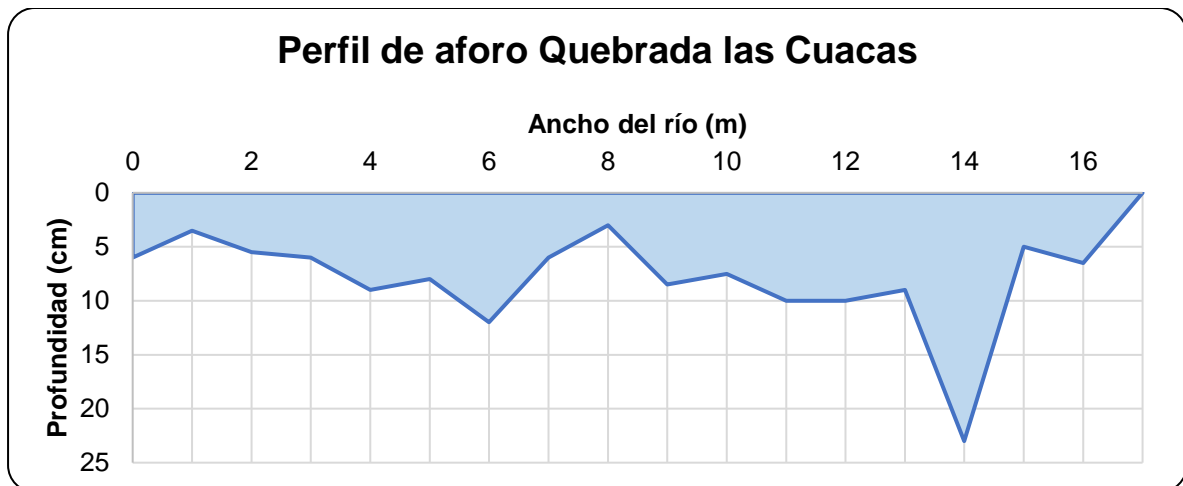


Gráfico 23. Perfil de aforo Quebrada Las Cuacas

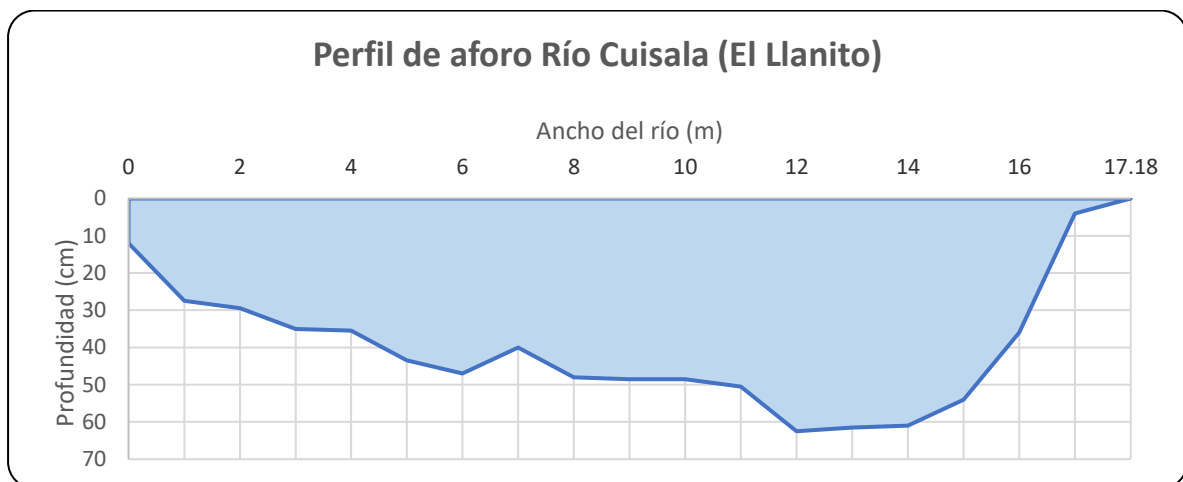


Gráfico 24. Perfil de aforo Río Cuisala (El Llanito)

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

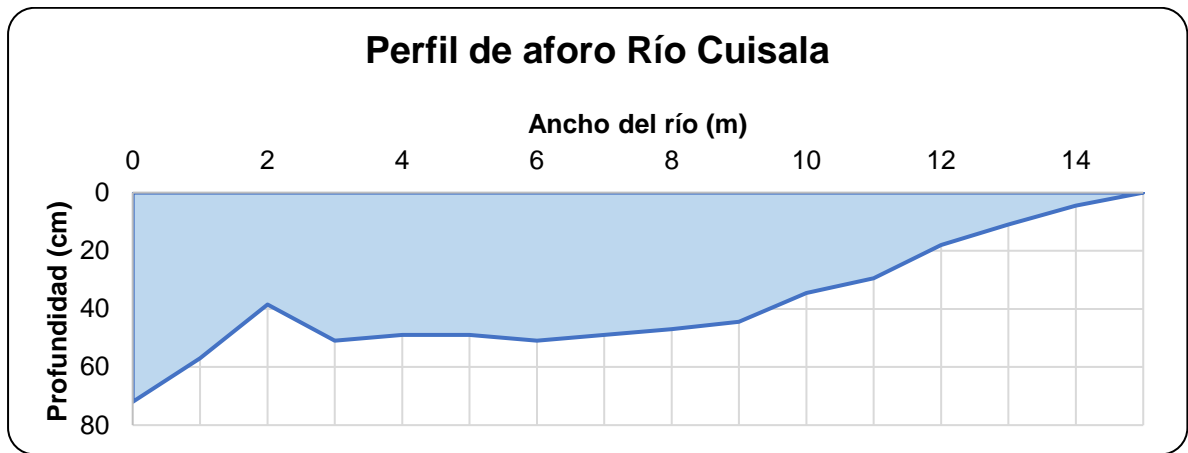


Gráfico 25. Perfil de aforo Río Cuisala

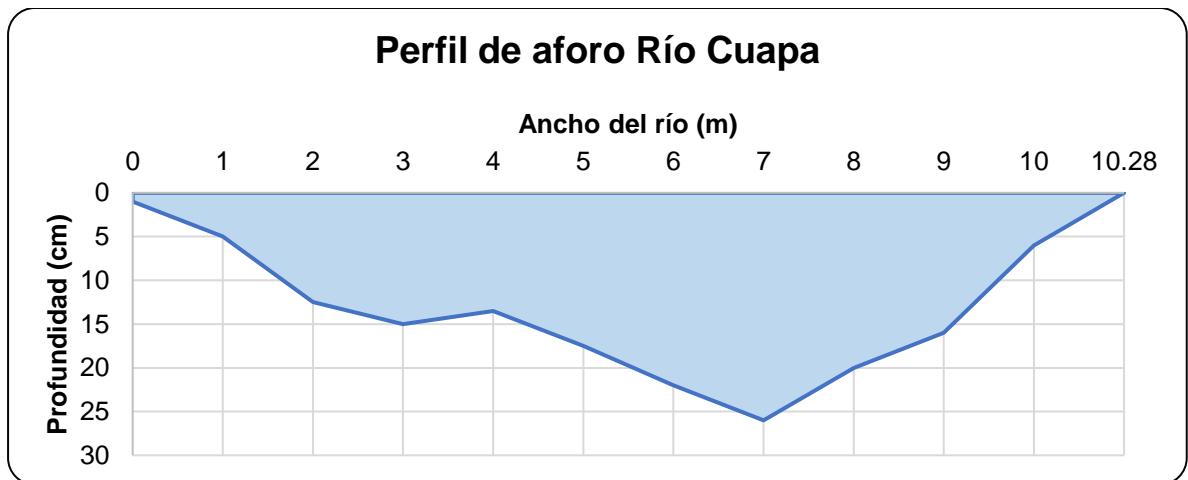


Gráfico 26. Perfil de aforo Río Cuapa

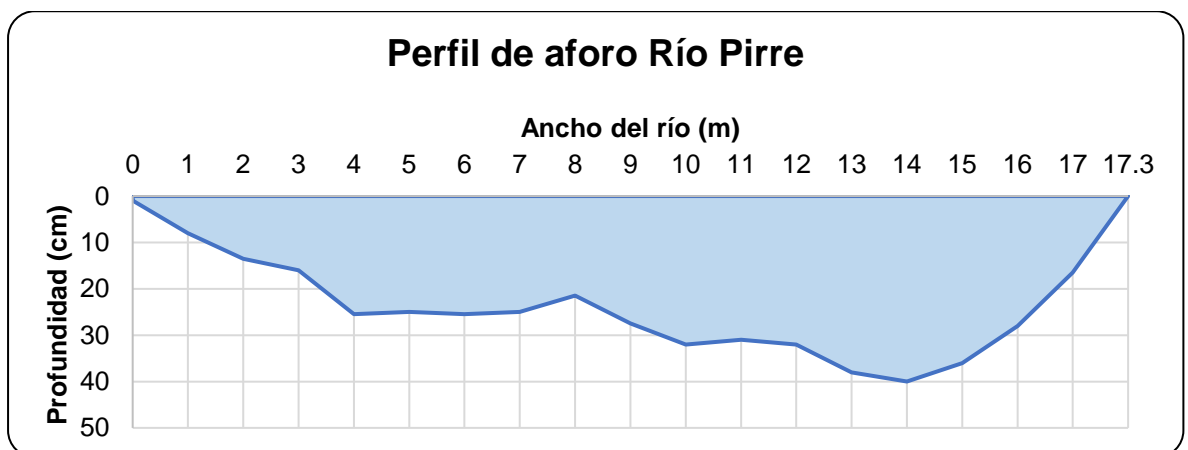


Gráfico 27. Perfil de aforo Río Pirre

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

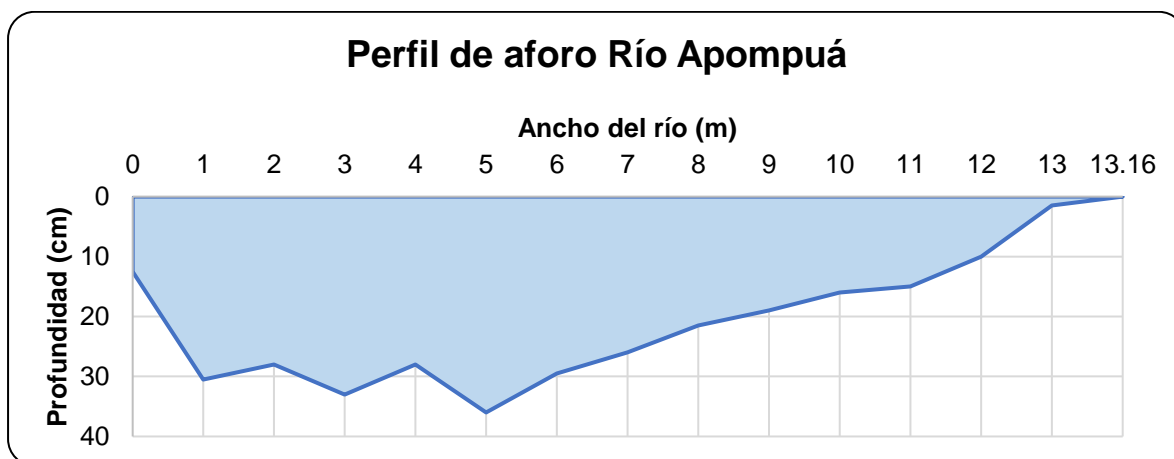



Gráfico 28. Perfil de aforo Río Apompuá

Tabla 59. Datos de aforo estación hidrométrica de INETER

 <p align="center"> INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES Consulta de datos hidrológicos anuales (media): caudal líquido Parámetro: caudal líquido Estación: 690801 - MAYALES EN EL JICARAL. Latitud: 12° 02' 54" N Longitud: 85° 20' 54" W Elevación: 40 msnm Tipo: LGF Años: 1970 - 2016 </p>												
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
1985	1,24	0,278	S/D	S/D	S/D	0,163	S/D	4,12	7,47	8,14	S/D	S/D
1986	S/D	0,230	0,000	0,000	5,27	62,5	S/D	S/D	S/D	8,90	3,33	1,12
1987	0,352	0,161	0,083	0,000	0,000	0,185	13,3	28,4	S/D	S/D	S/D	S/D
1988	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	3,72
1989	3,61	3,44	3,74	3,77	S/D	S/D	3,97	4,77	46,1	21,3	7,23	S/D
1990	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1991	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	3,66	11,6	16,6	3,47	9,86	S/D	S/D
1992	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1993	S/D	S/D	0,339	0,363	0,381	0,380	0,387	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1994	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1995	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1996	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	53,5	7,06
1997	2,30	1,63	0,981	0,600	0,468	3,53	S/D	S/D	5,37	24,9	2,80	1,59
1998	0,940	0,925	0,887	S/D	S/D	1,00	1,79	5,16	18,3	56,4	S/D	S/D
1999	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	7,69	4,68	71,8	84,4	19,6	2,98
2000	1,82	1,06	0,916	0,870	1,29	5,43	6,45	7,68	S/D	S/D	S/D	S/D
2001	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	7,36	7,53	15,5	8,19	6,01	S/D
2002	0,546	0,498	0,656	0,400	1,97	S/D	16,9	5,32	S/D	12,0	3,73	1,10
2003	0,661	0,354	0,176	0,063	S/D	S/D	S/D	S/D	5,13	16,7	6,77	1,46
2004	1,12	0,503	0,295	0,175	S/D	S/D	5,58	3,81	6,20	15,1	5,50	2,55
2005	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	39,3	33,0	114	77,1	S/D	S/D	4,82
2006	2,84	2,80	1,31	1,00	0,832	2,30	5,29	2,11	3,06	3,76	1,21	0,745
2007	0,507	0,307	0,206	S/D	S/D	S/D	3,57	26,8	S/D	S/D	17,8	6,10
2008	2,53	0,663	0,131	0,096	0,296	4,06	13,3	12,8	51,6	S/D	7,32	2,71
2009	1,55	0,911	0,911	0,967	0,987	2,93	6,61	12,2	7,05	3,63	5,94	S/D
2010	0,794	0,793	0,906	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2011	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	40,1	11,2	S/D
2012	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0,221	6,51	7,01	13,7	S/D	18,2	7,07
2013	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	3,0
2014	0,984	0,191	0,044	0,072	0,105	0,17	0,25	0,37	1,66	27,80	9,93	S/D
Suma	21,8	14,7	11,6	8,4	11,8	132,1	144,1	270,0	319,8	359,4	168,9	39,0
Media	1,45	0,92	0,72	0,64	1,07	9,44	8,47	15,88	22,84	22,46	10,56	3,00
Máximo	3,61	3,44	3,74	3,77	5,27	62,50	33,00	113,90	77,10	84,40	53,50	7,06
Mínimo	0,35	0,16	0,00	0,00	0,00	0,16	0,25	0,37	1,66	3,63	1,21	0,75

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

- Hidrogeología**

Tabla 60. Inventario de Pozos

ID	Coordenadas		Elev. (msnm)	Lugar	Carácter	Tipo	Brocal (m)	NEA (m)
	E	N						
1	664223	1349062	161	Escuela Salomón de la Selva, La Concha (MINED)		PP	0,47	9,80
2	663842	1349356	161	Don Ramón Aragón, La Concha.	Privado	PP	NR	NR
3	663013	1345624	139	Comedor infantil el llanito.	Comunitario	PE	0,665	5,86
4	662981	1345556	133	Escuela Rubén Darío (MINED)		PP	0,19	5,98
5	663124	1345025	136	Natalia Tijerino	Privado	PP	NR	NR
6	663275	1343577	138	José Ricardo Rivas	Privado	PP	0,92	4,32
7	654575	1347074	186	San Patricio	Comunitario	PP	0,135	10,10
8	657212	1346371	156	Sta. Rosa	Comunitario	PP	0	4,22
9	657856	1346085	153	Capilla Ma. Auxiliadora de Sta. Rosa.	Comunitario	PP	NR	NR
10	657864	1345976	154		Privado	PE	0,66	3,41
11	670201	1313442	31	Rene Meneses	Privado	PE	0,88	1,80
12	671062	1317233	35	La Esperanza	Comunitario	PP	0,415	3,22
13	671932	1319166	41	La Esperanza pozo las Lanchas	Publico	PP	0,39	5,35
14	671356	1322759	46	Sergio Mendoza, Finca buena vista	Privado	PE	0,66	5,22
15	670906	1325404	57	La garita	Comunitario	PP	0,07	7,28
16	671397	1326758	64	José Arroliga	Privado	PE	0,66	14,03
17	678167	1330316	74	Hda. Sta. Isabel	Comunitario	PP	0,39	5,58
18	661491	1346668	131	Cuialá viejo	Comunitario	PP	0,33	13,16
19	661505	1346624	139	Olivia Suarez	Privado	PP	0,51	12,68

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

ID	Coordenadas		Elev. (msnm)	Lugar	Carácter	Tipo	Brocal (m)	NEA (m)
	E	N						
20	661359	1345888	140	Adonaldo Astorga	Privado	PE	0,49	1,65
21	661430	1345722	149	Eduardo Marengo	Privado	PE	0,74	5,10
22	662272	1345016	128	Cooperativa Cuisalá	Comunitario	PP	0,13	10,20
23	651675	1343018	170		Comunitario	PP	NR	NR
24	657681	1343269	166	Escuela Concepción de María.	Comunitario	PP	0,16	6,63
25	658671	1345023	143	Julio Vargas	Privado	PE	0,83	6,92
26	661212	1341637	120	Publico- bueno para observación		PP	NR	NR
27	667108	1341498	123	San Esteban 1, frente al cuadro.	Publico	PP	0,17	11,48
28	666603	1339100	118	La Mata, San Esteban N° 2.	Comunitario	PP	0,37	3,90
29	678517	1337182	80	INATEC		PP	0,3	18,72
30	682033	1334630	82		Comunitario	PP	NR	NR
31	682007	1334095	81		Publico	PP	0,495	9,42
32	683008	1335761	98	MINED		PE	0,48	6,30
33	683327	1335475	104	Ilse Hernández Ugarte	Privado	PE	NR	NR
34	684198	1334918	114	Thomas Téllez	Privado	PE	0,73	8,50
35	684428	1334637	105	Gilberto Miranda (Sta. Rita)	Publico	PE	0,84	7,75
36	684710	1334249	103	Sta. Rita	Comunitario	PP	0,59	4,87
37	672114	1341676	105	El Naranjito	Comunitario	PE	0,53	0,85
38	669585	1340387	103	MACESA	Privado	PP	NR	NR
39	674340	1351918	255	Betania	Comunitario	PP	0,53	18,13
40	671976	1352156	182		Comunitario	PP	NR	NR
41	671668	1351733	175	Llano grande	Comunitario	PP	0,71	8,88
42	671923	1349716	142		Comunitario	PP	0,07	7,99
43	671670	1345214	160	San Diego	Comunitario	PP	0,07	15,3

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

ID	Coordenadas		Elev. (msnm)	Lugar	Carácter	Tipo	Brocal (m)	NEA (m)
	E	N						
44	675271	1354110	270	Detrás del cementerio.	Comunitario	PP	0,28	6,47
45	675680	1355385	307	Entrada al Santuario de Cuapa.	Comunitario	PP	0	10,59
46	675205	1357484	343	Villa hermosa, salida hacia Comalapa.	Comunitario	PE	0,46	1,08
47	675866	1356689	320	Parque (ENACAL)		PP	NR	NR
48	675976	1356128	294	ENACAL		PP	0,47	9,39
49	670628	1359008	362	Arnulfo García, Finca El Rosario.	Privado	PE	0,7	10,79
50	669662	1358814	284	Escuela La Merced (MINED)		PE	0,75	2,12
51	685216	1345208	389	Tomasa Taleno	Privado	PE	0,405	1,935
52	683385	1343994	150		Comunitario	PP	0,305	5,065
53	681823	1343591	130	Escuela Quebrantadero		PP	0,3	11,87
54	683086	1343036	142	Piedra grande N° 3.	Comunitario	PP	NR	NR
55	681490	1341201	103	San Jerónimo	Comunitario	PP	0,36	9,65
56	680491	1340056	96	Sta. Elena, Piedras grande N° 1.	Comunitario	PP	0,4	8,67
57	685260	1341727	162	Iglesia Católica, Piedra grande N° 2.		PP	0	13,46
58	684392	1340925	146	El Quebracho, Piedra grande N° 2.	Comunitario	PP	0,29	9,49
59	682182	1340701	118	Santísima trinidad, Piedra grande N° 2.	Comunitario	PP	0,03	7,8
60	681723	1340348	100	El Maderal, Piedra grande N° 1.	Comunitario	PP	0,09	13,37
61	669343	1345929	127	San Roque	Comunitario	PP	0,135	0,455
62	671470	1345114	112	El cuadro, San Diego	Comunitario	PP	0,4	5,34
63	671963	1344662	115	Escuela San Diego	Comunitario	PP	0,07	10,03
64	673144	1344599	111	El paso las yegua	Comunitario	PP	0,33	16,84

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

ID	Coordenadas		Elev. (msnm)	Lugar	Carácter	Tipo	Brocal (m)	NEA (m)
	E	N						
65	673254	1342308	100	San Pedrito, San Diego	Comunitario	PP	NR	NR
66	673392	1341332	113	Las lajitas	Comunitario	PP	0,08	7,5
67	661748	1358158	264	ENACAL		PP	0,6	3,43
68	659749	1354944	281	Paso lajas, la concepción.	Comunitario	PP	0,405	11,36
69	659922	1354246	254		Comunitario	PP	0,445	6,955
70	659409	1354195	258	La concepción	Comunitario	PP	0,41	5,16
71	659819	1353975	256	La concepción	Comunitario	PP	0,46	7,19
72	660925	1353372	231	La peñita, la concepción.	Comunitario	PP	0,35	4,04
73	660529	1353496	244		Comunitario	PP	NR	NR
74	659664	1352457	245	Entrada a la Montañita.	Comunitario	PP	NR	NR
75	659715	1351383	276		Comunitario	PP	NR	NR
76	659681	1349628	218	El Carmen	Comunitario	PP	0,4	2,92
77	659464	1349414	198	Octavio Flores	Comunitario	PP	0,08	8,72
78	658726	1349288	198	Moralito	Comunitario	PP	0,49	6,38
79	654032	1347249	189	Manuela Granja	Comunitario	PE	0,56	2,14
80	661797	1343772	132	Cuisalá	Comunitario	PP	0,82	7,02
81	663288	1343442	129	Enrique Ruiz	Privado	PE	0,54	3,73
82	675647	1337695	124	Mirna Hurtado Miranda	Privado	PE	0,58	5,42
83	673649	1333720	97	El Cobano	Comunitario	PP	0,09	8,47
84	673605	1334118	118	El Cobano N° 2	Comunitario	PP	0,44	12,63
85	673797	1334524	101	Quebrada el potrero	Comunitario	PP	0,68	6,31
86	675238	1336313	107	ENACAL		PP	NR	NR

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

- **Monitoreo de pozos**



Figura 56. Medición de NEA en pozo perforado



Figura 57. Medición de NEA en pozo excavado

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**



Figura 58. Desarme de pozo para realizar medición de NEA



Figura 59. Pozo sellado, imposibilita medición de NEA

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

Tabla 61. Niveles estáticos y freáticos de agua subterránea, año 2014

ID	Lugar	Tipo	Brocal (m)	NEA (m)	Nivel freático (m)
1	Escuela Salomón de la Selva, La Concha (MINED)	PP	0,47	9,80	151,20
2	Don Ramón Aragón, La Concha.	PP	NR	NR	133,14
3	Comedor infantil el llanito.	PE	0,665	5,86	127,02
4	Escuela Rubén Darío (MINED)	PP	0,19	5,98	133,68
5	Natalia Tijerino	PP	NR	NR	175,91
6	José Ricardo Rivas	PP	0,92	4,32	151,78
7	San Patricio	PP	0,135	10,10	150,59
8	Sta. Rosa	PP	0	4,22	29,20
9	Capilla Ma. Auxiliadora de Sta. Rosa.	PP	NR	NR	31,78
10	SN	PE	0,66	3,41	35,65
11	Rene Meneses	PE	0,88	1,80	40,78
12	La Esperanza	PP	0,415	3,22	49,72
13	La Esperanza pozo las Lanchas	PP	0,39	5,35	49,97
14	Sergio Mendoza, Finca buena vista	PE	0,66	5,22	68,42
15	La garita	PP	0,07	7,28	117,84
16	José Arroliga	PE	0,66	14,03	126,32
17	Hda. Sta. Isabel	PP	0,39	5,58	138,35
18	Cuisalá viejo	PP	0,33	13,16	143,90
19	Olivia Suarez	PP	0,51	12,68	117,80
20	Adonaldo Astorga	PE	0,49	1,65	159,37
21	Eduardo Marengo	PE	0,74	5,10	136,08
22	Cooperativa Cuisalá	PP	0,13	10,20	111,52
23	SN	PP	NR	NR	114,10
24	Escuela Concepción de María.	PP	0,16	6,63	61,28
25	Julio Vargas	PE	0,83	6,92	71,58
26	Publico- bueno para observación	PP	NR	NR	91,70
27	San Esteban 1, frente al cuadro.	PP	0,17	11,48	105,50
28	La Mata, San Esteban N° 2.	PP	0,37	3,90	97,25

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

ID	Lugar	Tipo	Brocal (m)	NEA (m)	Nivel freático (m)
29	INATEC	PP	0,3	18,72	98,13
30	SN	PP	NR	NR	104,15
31	SN	PP	0,495	9,42	236,87
32	MINED	PE	0,48	6,30	166,12
33	Ilse Hernández Ugarte	PE	NR	NR	134,01
34	Thomas Téllez	PE	0,73	8,50	144,70
35	Gilberto Miranda (Sta. Rita)	PE	0,84	7,75	263,53
36	Sta. Rita	PP	0,59	4,87	296,41
37	El Naranjito	PE	0,53	0,85	341,92
38	MACESA	PP	NR	NR	284,61
39	Betania	PP	0,53	18,13	351,21
40	SN	PP	NR	NR	281,88
41	Llano grande	PP	0,71	8,88	387,07
42	SN	PP	0,07	7,99	144,94
43	San Diego	PP	0,07	15,3	118,13
44	Detrás del cementerio.	PP	0,28	6,47	93,35
45	Entrada al Santuario de Cuapa.	PP	0	10,59	87,33
46	Villa hermosa, salida hacia Comalapa.	PE	0,46	1,08	148,54
47	Parque (ENACAL)	PP	NR	NR	136,51
48	ENACAL	PP	0,47	9,39	110,20
49	Arnulfo García, Finca El Rosario.	PE	0,7	10,79	86,63
50	Escuela La Merced (MINED)	PE	0,75	2,12	126,55
51	Tomasa Taleno	PE	0,405	1,935	106,66
52	SN	PP	0,305	5,065	104,97
53	Escuela Quebrantadero	PP	0,3	11,87	94,16
54	Piedra grande N° 3.	PP	NR	NR	105,50
55	San Jerónimo	PP	0,36	9,65	260,57
56	Sta. Elena, Piedras grande N° 1.	PP	0,4	8,67	269,65
57	Iglesia Católica, Piedra grande N° 2.	PP	0	13,46	247,05
58	El Quebracho, Piedra grande N° 2.	PP	0,29	9,49	252,84

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

ID	Lugar	Tipo	Brocal (m)	NEA (m)	Nivel freático (m)
59	Santísima trinidad, Piedra grande N° 2.	PP	0,03	7,8	248,81
60	El Maderal, Piedra grande N° 1.	PP	0,09	13,37	226,96
61	San Roque	PP	0,135	0,455	215,08
62	El cuadro, San Diego	PP	0,4	5,34	189,28
63	Escuela San Diego	PP	0,07	10,03	191,62
64	El paso las yegua	PP	0,33	16,84	186,86
65	San Pedrito, San Diego	PP	NR	NR	124,98
66	Las lajitas	PP	0,08	7,5	125,27
67	ENACAL	PP	0,6	3,43	118,58
68	Paso lajas, la concepción.	PP	0,405	11,36	88,53
69	SN	PP	0,445	6,955	105,37
70	La concepción	PP	0,41	5,16	94,69
71	La concepción	PP	0,46	7,19	151,20
72	La peñita, la concepción.	PP	0,35	4,04	133,14
73	SN	PP	NR	NR	127,02
74	Entrada a la Montañita.	PP	NR	NR	133,68
75	SN	PP	NR	NR	175,91
76	El Carmen	PP	0,4	2,92	151,78
77	Octavio Flores	PP	0,08	8,72	150,59
78	Moralito	PP	0,49	6,38	29,20
79	Manuela Granja	PE	0,56	2,14	31,78
80	Cuisalá	PP	0,82	7,02	35,65
81	Enrique Ruiz	PE	0,54	3,73	40,78
82	Mirna Hurtado Miranda	PE	0,58	5,42	49,72
83	El Cobano	PP	0,09	8,47	49,97
84	El Cobano N° 2	PP	0,44	12,63	68,42
85	Quebrada el potrero	PP	0,68	6,31	117,84
86	ENACAL	PP	NR	NR	126,32

SN: sin nombre, NR: no registrado

POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

- Pruebas de bombeo

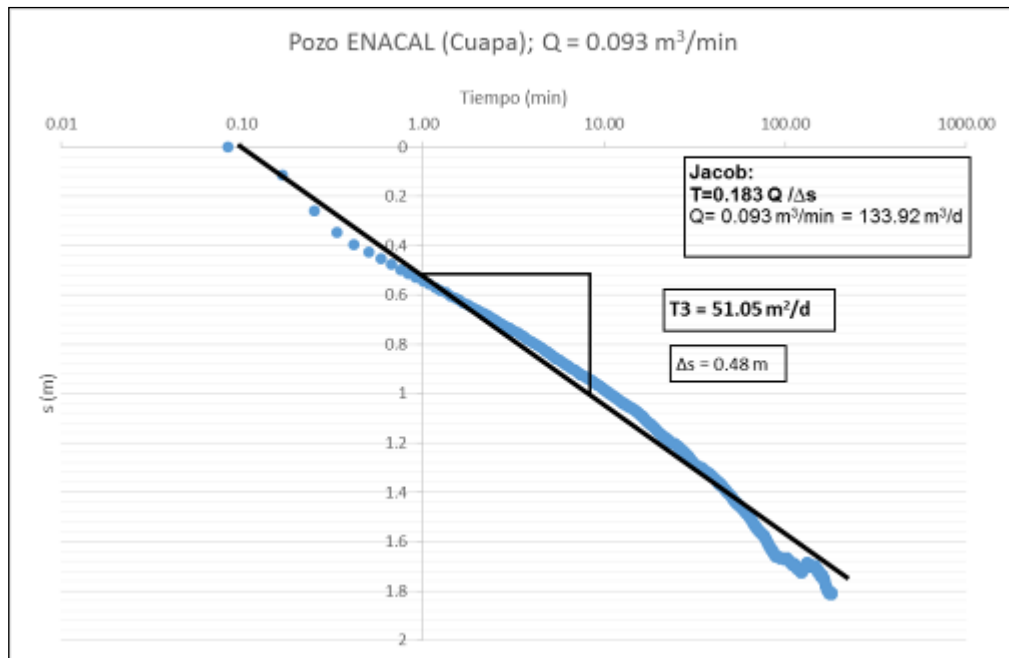


Gráfico 29. Prueba de bombeo Cuapa 2

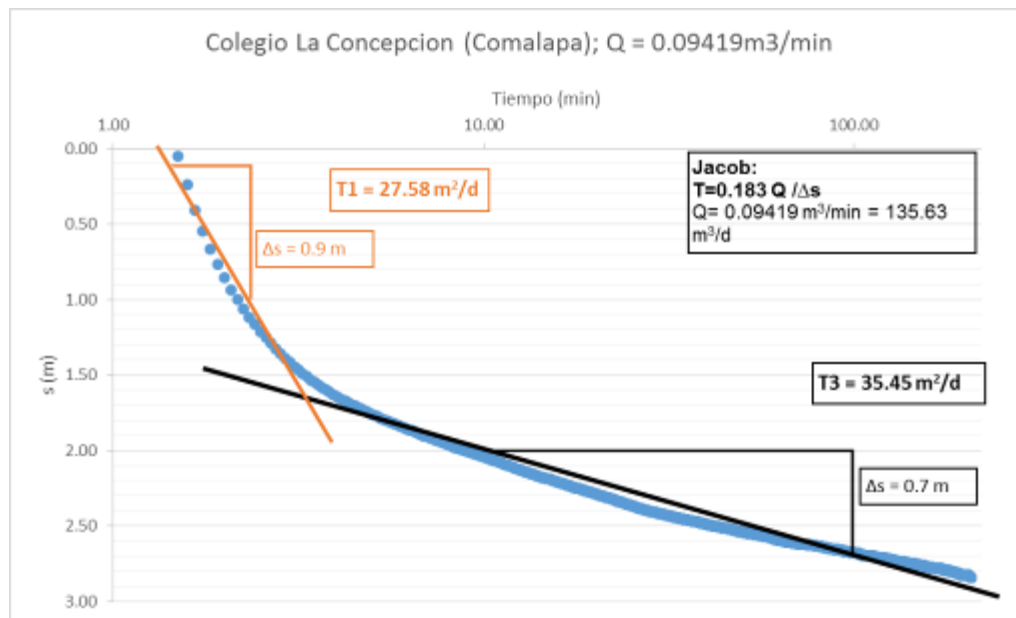


Gráfico 30. Prueba de bombeo Comalapa

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

- Hidroquímica**

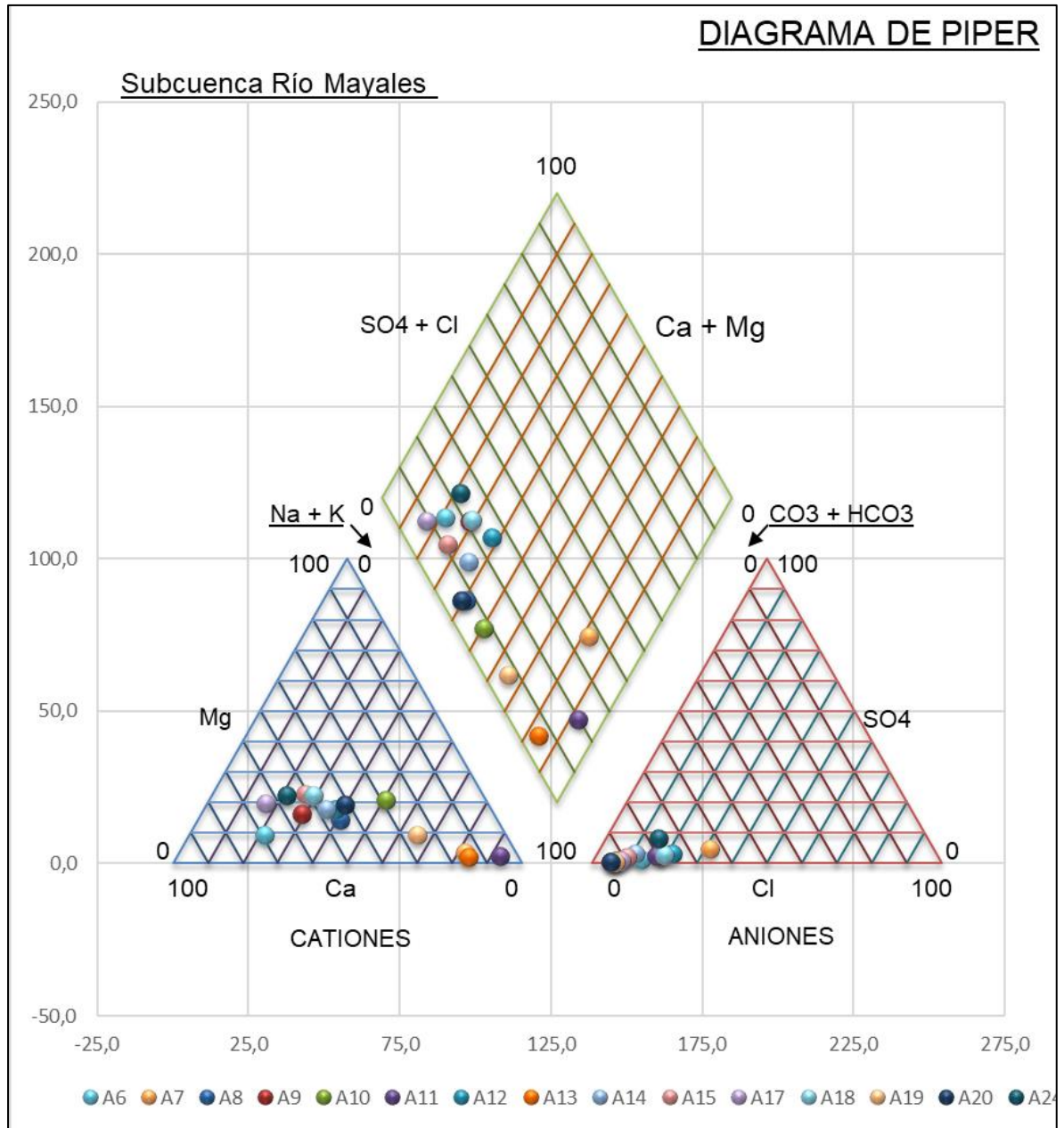


Gráfico 31. Diagrama de Pipe de 15 sitios

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

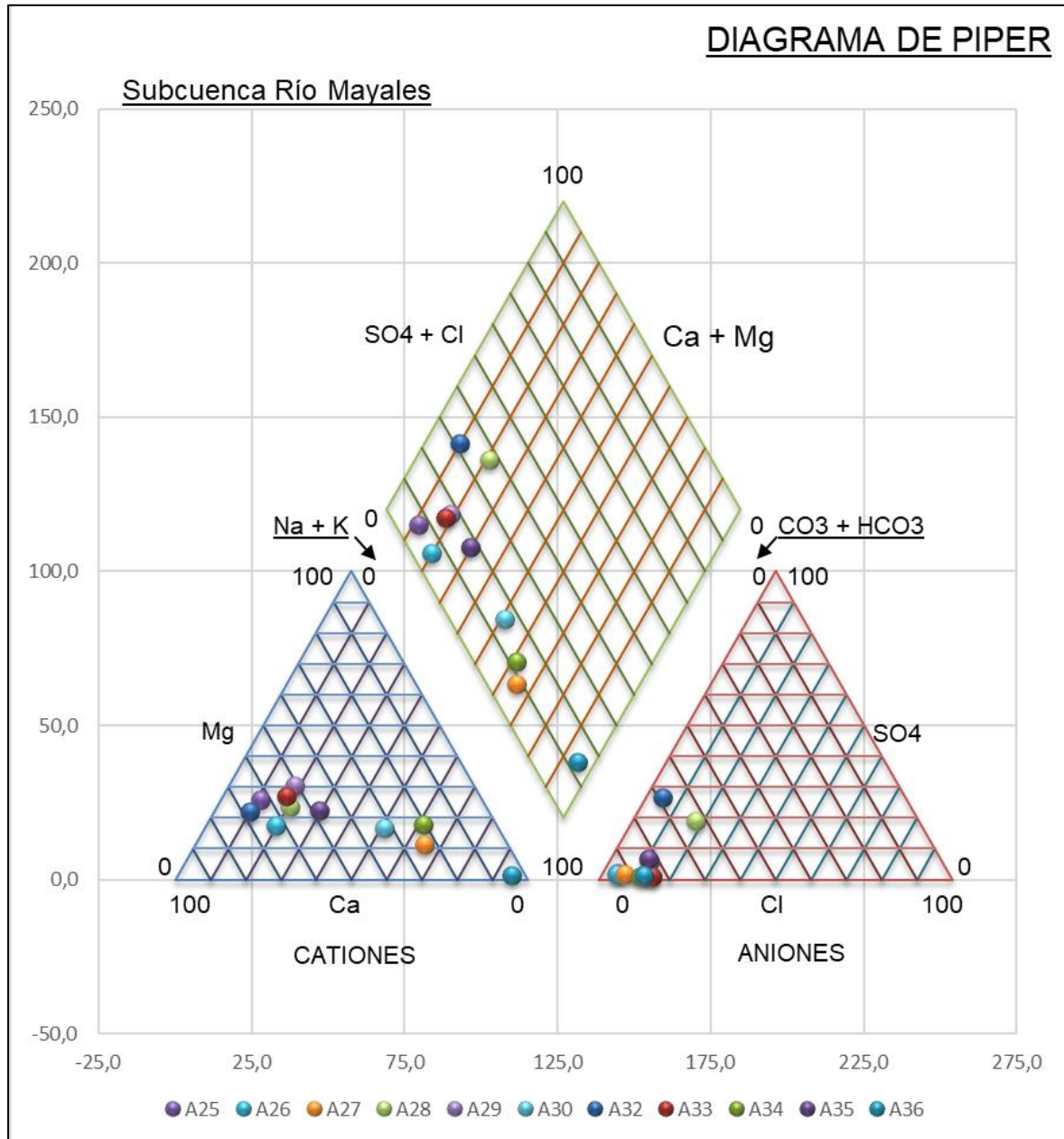


Gráfico 32. Diagrama de Piper de 11 sitios

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

Tabla 62. Parámetros fisicoquímico de campo año 2014

ID	OD (mg/l)	pH	T (°)	CE (µS/cm)	SAL (%)	%Sat. O	REDOX	TDS
FQ-1	2,32	6,86	29,78	519	0,25	31,3	97,8	260
FQ-2	1,34	6,86	29,13	275	0,13	18,1	96,4	137
FQ-3	0,18	6,86	28,61	422	0,2	2,7	95,6	210
FQ-4	2,56	6,86	28,74	528	0,25	34,1	94,5	264
FQ-5	1,64	6,86	28,36	360	0,17	21,6	93,8	181
FQ-6	2,39	6,87	27,64	477	0,23	31,2	90	238
FQ-8	1,2	6,85	28,84	497	0,24	16,3	80,3	249
FQ-9	1,03	6,85	29,24	549	0,26	13,7	80,6	275
FQ-10	1,87	6,85	27,8	576	0,28	24,4	81,3	288
FQ-11	1,27	6,87	25,53	1231	0,61	13,7	75	616
FQ-12	1,72	6,86	28,13	502	0,24	22,4	77,8	251
FQ-13	2,21	6,86	28,91	940	0,46	29,3	84,4	470
FQ-14	1,86	6,86	27,83	451	0,21	24,1	87,7	225
FQ-15	1,03	6,85	29,07	109	0,05	13,8	90,4	54
FQ-16	3,32	6,86	28,73	271	0,13	44,5	92	136
FQ-17	1,42	6,86	28,12	507	0,24	18,5	96	253
FQ-18	1,6	6,86	28,7	537	0,26	21,5	81,5	268
FQ-19	1,44	6,85	28,94	599	0,29	18,8	84	300
FQ-20	3,08	6,86	27,53	311	0,15	41,6	78,3	156
FQ-21	2,96	6,86	28,02	187	0,09	38,9	76,3	94
FQ-22	2,22	6,85	28,51	354	0,17	29,1	74,1	177
FQ-25	0,38	6,86	27,12	872	0,43	5,1	85,9	436
FQ-27	2,7	6,86	29,12	442	0,21	36,5	118,1	221
FQ-28	2,6	6,86	28,44	390	0,19	35	118,5	195
FQ-29	0,27	6,8	29,88	666	0,32	3,6	51,2	333
FQ-31	1,95	6,8	29,76	480	0,23	26,4	54,2	240
FQ-32	0,34	6,8	29,39	1009	0,49	4,7	61,6	505
FQ-34	1,03	6,8	28,71	808	0,39	13,8	60,8	404

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

ID	OD (mg/l)	pH	T (°)	CE (μS/cm)	SAL (%)	%Sat. O	REDOX	TDS
FQ-35	1,71	6,8	28,47	633	0,3	16,8	59,6	317
FQ-36	0,77	6,8	29,63	435	0,21	10,5	59,7	218
FQ-37	1,29	6,86	28,07	489	0,23	16,5	116,4	244
FQ-39	2,72	6,85	29,74	717	0,35	37,7	100,9	350
FQ-40	3,44	6,86	29,83	547	0,26	47,4	98,1	274
FQ-41	1,4	6,86	29,96	1029	0,5	19,2	93,2	513
FQ-42	2,78	6,85	29,05	539	0,26	38,5	95,8	270
FQ-43	3,76	6,86	29,78	856	0,42	50,1	113,6	428
FQ-44	3,42	6,86	29,7	425	0,2	47,3	104,2	213
FQ-45	1,43	6,86	28,63	1186	0,59	19,6	105,4	593
FQ-46	1,59	6,85	26,06	706	0,34	21,2	109,4	353
FQ-47	3,82	6,86	30,28	868	0,42	54	108,5	434
FQ-48	3,93	6,86	27,38	790	0,38	52,1	106,4	395
FQ-49	1,86	6,86	26,68	533	0,26	24,6	36,7	267
FQ-50	0,48	6,87	26,3	692	0,34	5,7	41,7	346
FQ-51	0,57	6,81	26,09	421	0,2	0,2	34,6	210
FQ-52	0,34	6,8	29,5	525	0,25	4,2	31,8	263
FQ-53	0,83	6,8	29,92	536	0,26	11,4	38,4	268
FQ-54	1,36	6,8	30,56	431	0,2	18,8	29,1	216
FQ-55	0,73	6,81	29,63	454	0,22	9,6	23,2	227
FQ-56	0	6,8	29,81	482	0,23	0	7,6	241
FQ-57	0,09	6,8	28,79	713	0,34	1,6	20,8	356
FQ-58	0,01	6,8	28,9	811	0,39	0,2	21,4	405
FQ-59	0,31	6,8	28,99	462	0,22	4	20,4	231
FQ-60	5,6	6,8	29,62	351	0,17	5,5	19,5	176
FQ-61	1,31	6,85	29,43	493	0,23	18,1	110,5	247
FQ-62	2,18	6,85	30,02	651	0,31	30,6	113,8	326
FQ-63	2,12	6,86	29,75	635	0,3	29,2	114	318
FQ-64	2,63	6,86	30,12	493	0,23	34,6	114,6	247

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

ID	OD (mg/l)	pH	T (°)	CE (µS/cm)	SAL (%)	%Sat. O	REDOX	TDS
FQ-65	1,33	6,85	29,29	755	0,37	18	115,6	378
FQ-67	2,82	6,86	26,71	652	0,32	37,4	115,1	326
FQ-68	1,56	6,86	28,7	481	0,23	21,1	50,6	241
FQ-69	2,17	6,86	29,36	569	0,27	29,4	54	285
FQ-71	2,33	6,86	28,74	732	0,35	31,6	56,7	366
FQ-72	0,97	6,86	29,18	727	0,35	13,1	59,2	364
FQ-74	1,18	6,86	29,35	379	0,18	16	62,7	190
FQ-75	2,18	6,86	29,66	546	0,26	29,7	64,8	273
FQ-76	1,73	6,86	30,3	706	0,34	23,5	68,1	353
FQ-77	2,39	6,86	30,43	812	0,39	30,2	74,4	407
FQ-78	1,54	6,85	29,68	944	0,46	21,2	71,2	472
FQ-79	1,4	6,86	27,69	690	0,33	18,2	71,9	345
FQ-80	3,33	6,86	28,31	620	0,3	44,06	88	310
FQ-81	2,01	6,86	27,08	2510	1,29	27,1	37,9	1256
FQ-82	1,28	6,86	27,9	412	0,2	16,9	102,3	206
FQ-83	2,75	6,85	29,16	503	0,24	37,6	99,8	252
FQ-84	3,34	6,86	30,4	386	0,18	46,6	99,8	193
FQ-85	1,45	6,86	27,95	346	0,16	19,6	101,7	173
FQ-87	1,87	6,8	29,78	515	0,25	25,3	55,3	258

Tabla 63. Parámetros fisicoquímico de campo, época seca año 2017

ID	OD (mg/l)	pH	TEMP.	CE (µs/cm)	TDS (ppm)	SAL (%)	ORP	DO%
FQ-1	0,6	8,4	29,31	669	230	0,21	618	4,3
FQ-7	0,95	8,2	31, 22	534	267	0,25	689	13,1
FQ-8	1,38	8,3	20,16	476	258	0,23	735	8,8
FQ-11	5,44	7,56	27,42	558	279	SD	SD	SD
FQ-12	7,16	7,05	29,50	528	264	SD	SD	SD
FQ-13	7,53	6,94	29,86	633	316	SD	SD	SD

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

ID	OD (mg/l)	pH	TEMP.	CE (μs/cm)	TDS (ppm)	SAL (%)	ORP	DO%
FQ-15	7,22	6,66	30,34	155	78	SD	SD	SD
FQ-16	7,10	7,47	29,79	390	195	SD	SD	SD
FQ-17	6,92	6,71	29,37	637	319	SD	SD	SD
FQ-31	7,66	6,48	30,4	517	258	SD	SD	SD
FQ-36	7,94	7,00	30,79	483	242	SD	SD	SD
FQ-39	3,3	7,01	29,39	710	355	0,34	163,4	44,6
FQ-41	5,69	7,33	29,79	570	285	0,27	92,3	77,1
FQ-42	1,43	6,91	29,28	561	281	0,27	115,6	18,9
FQ-44	2,68	7,76	29,29	476	238	0,23	110,5	34,4
FQ-48	5,14	7,8	30,77	884	442	0,43	190,6	70,9
FQ-49	1,7	6,7	27,36	1391	666	0,66	155,9	22,3
FQ-51	4,58	7,64	28,58	447	224	SD	SD	SD
FQ-55	4,28	6,80	30,23	643	322	SD	SD	SD
FQ-56	3,81	6,64	30,51	578	290	SD	SD	SD
FQ-57	4,81	6,60	30,50	553	275	SD	SD	SD
FQ-58	7,09	6,66	30,43	515	257	SD	SD	SD
FQ-58	2,32	7,02	28,7	600	300	0,29	150,6	30,9
FQ-59	3,24	6,68	29,98	519	260	SD	SD	SD
FQ-61	4,04	7,62	30,41	485	242	SD	SD	SD
FQ-62	4,77	6,9	30,44	642	321	SD	SD	SD
FQ-63	4,43	7,25	30,59	810	404	SD	SD	SD
FQ-64	4,21	7,18	31,2	518	259	SD	SD	SD
FQ-67	0,1	7,9	29,09	728	364	0,35	879	3,4
FQ-68	0,33	7,6	29,21	464	232	0,22	683	4,6
FQ-70	0,46	8,3	34,56	541	271	0,26	605	7,1
FQ-72	0,02	8,2	30,55	548	274	0,26	711	0,3
FQ-74	0,24	8,3	30,28	361	181	0,17	643	3,3
FQ-75	0,54	7,2	28,9	702	351	0,34	633	2,9
FQ-80	0,36	7,4	32,62	584	292	0,28	609	5,1

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

ID	OD (mg/l)	pH	TEMP.	CE (μs/cm)	TDS (ppm)	SAL (%)	ORP	DO%
FQ-84	7,93	7,19	31,69	397	198	SD	SD	SD
FQ-87	8,19	6,36	30,29	571	286	SD	SD	SD

SD: sin datos

Tabla 64. Parámetros fisicoquímico de campo, época lluviosa año 2017

ID	OD (mg/l)	pH	TEMP.	CE (μs/cm)	TDS (ppm)	SAL (%)	ORP	DO%
FQ-1	6,6	8,5	29,2	662	240	0,22	620	61,1
FQ-7	2,44	7,5	29,15	518	260	0,25	267	33
FQ-8	5,28	7,7	29,72	608	301	0,29	296	74
FQ-12	1,83	6,98	29,46	474	237	0,24	266	SD
FQ-13	2,12	6,95	29,16	660	330	0,27	262	SD
FQ-15	2,08	7,19	29,95	116	58	0,27	289	SD
FQ-16	2,3	6,853	29,73	260	130	0,3	283	SD
FQ-17	2,42	6,76	29,45	534	267	0,32	305	SD
FQ-19	5,66	8,18	28,07	337	169	0,16	805,1	68,1
FQ-31	2,04	6,98	29,8	510	255	0,27	149	SD
FQ-36	1,99	7,54	29,47	471	236	0,26	188,6	SD
FQ-39		7,02	30,01	1981	905	0,91	149,9	56,6
FQ-41		6,91	30,9	1163	523	0,51	149,7	49,2
FQ-42		6,86	29,2	918	425	0,41	169,1	65,5
FQ-44		6,98	30,03	698	319	0,31	148,7	55,6
FQ-48		7,02	29,4	1364	480	0,6	155,9	40,8
FQ-49	1,7	6,7	27,36	1391	666	0,66	155,9	22,3
FQ-51	2,04	7,6	29,87	614	307	0,26	250	SD
FQ-55	2,98	7,66	30,52	691	346	0,4	251	SD
FQ-56	2,98	8,6	31,35	601	301	0,41	305	SD
FQ-57	2,97	8,26	30,7	607	304	0,4	250	SD
FQ-58	3,27	7,55	30,01	538	269	0,44	315	SD
FQ-59	3,26	7,48	29,84	558	279	0,43	298	SD

**POTENCIAL HÍDRICO Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SUBCUENCA
RÍO MAYALES, QUE PERMITA LA DEFINICIÓN DE INICIATIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO**

ID	OD (mg/l)	pH	TEMP.	CE (μ s/cm)	TDS (ppm)	SAL (%)	ORP	DO%
FQ-61	2,73	9,71	29,69	501	251	0,36	2898	SD
FQ-62	3,3	8,49	29,98	661	331	0,44	137	SD
FQ-63	2,77	8,34	29,9	786	392	0,36	2503	SD
FQ-67	2,44	7,9	29,09	728	368	0,35	879	66,8
FQ-68	7,96	8,6	28,17	427	213	0,21	1563	106,1
FQ-70	2,9	7,9	32,25	521	263	0,25	262	42,5
FQ-72	1,84	7,02	30,33	552	278	0,27	426	26
FQ-74	3,05	8,42	28,89	406	260	0,26	412	41,2
FQ-75	2,98	7,8	28,52	699	347	0,33	786	39,6
FQ-80	7,59	8,2	31,57	618	309	0,3	790	108
FQ-84	1,99	5,75	31,19	397	198	0,27	-768,6	SD
FQ-87	2,42	5,77	29,99	578	289	0,32	-717,8	SD

SD: sin datos

¡A la Libertad por la Universidad!